

Wolfgang Coy

Peter Schirmbacher (Hrsg.)

Informatik in der DDR

Tagung Berlin 2010

Tagungsband

Wolfgang Coy, Peter Schirmbacher (Hrsg.)

Informatik in der DDR

Tagung Berlin 2010

Tagungsband zum 4. Symposium „Informatik in der DDR“
am 16. und 17. September 2010 in Berlin

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografi-
sche Daten sind im Internet unter <http://www.d-nb.de/> abruf-
bar.

ISBN 978-3-86004-253-3

Diese Publikation ist elektronisch auch auf dem edoc-Server
der Humboldt-Universität zu Berlin veröffentlicht:
<http://edoc.hu-berlin.de/conferences/iddr2010/>

Der vorliegende Tagungsband enthält die Vorträge, die während des 4. Symposiums „Informatik in der DDR“ am 16. und 17. September 2010 in Berlin-Adlershof gehalten wurden, sowie einige zusätzlich aus den Einreichungen durch das Programmkomitee ausgewählte Beiträge.

Dem Programmkomitee der Tagung gehörten an:

Prof. Dr. Wolfgang Coy, Berlin (Vorsitz),
Prof. Dr. Hans-Dieter Hellige, Bremen,
Prof. Dr. Klaus Fuchs-Kittowski, Berlin,
Prof. Dr. Dr. sc. techn. Gerhard Merkel, Dippoldiswalde,
Prof. Dr. Friedrich Naumann, Chemnitz,
Prof. Dr. Gabriele Schade, Erfurt,
Dr. Hartmut Petzold, München/Berlin,
Prof. Dr. Peter Schirmbacher, Berlin.

Inhaltsverzeichnis

Wolfgang Coy

Zum Geleit..... 1

Klaus Fuchs-Kittowski

Information, Organisation und Informationstechnologie 7

Michael Roth

Der unerschöpfliche Fundus der Informatik in der gesellschaftlichen
Evolution 37

Manfred Bonitz

Einige Gedanken zum Bedeutungswandel des Wortes Informatik
in den letzten Jahrzehnten 49

Arne Fellien

Informatik in der DDR am Beispiel von Projektvorhaben 57

Christian Dahme

Zum tätigkeitstheoretisch orientierten Ansatz
in den achtziger Jahren und heute..... 67

Peter Bachmann

Die Interessengruppe Programmpakete..... 79

Günther Bauer

Von der MOPS zur Software-Technologie..... 91

Erwin Schmidt

Prozesssteuerung an der Sektion Informationsverarbeitung
der TU Dresden 103

Wilfried Krug

Rechnergestützte Systemoptimierung für Ingenieure in der DDR 115

Frank Dittmann

Datennetze im COMECON..... 127

Wolfgang Weller

Automatisierungstechnik und Informatik
an der Humboldt-Universität zu Berlin – ein Sonderweg..... 139

Peter Zschockelt

Wirtschaftsinformatik an der HfÖ Berlin 145

Alfred Iwainsky

Industriennahe Informatik-Forschung in der DDR..... 155

Horst Strobel und Peter Horn

Erstmaliger Einsatz von Mikrorechnern
in verkehrsdienstlichen und -technischen Prozessen 171

Peter Schirmbacher

Die Entwicklung von rechnergestützten Leitungsinformationssystemen in
Hochschulen der DDR am Beispiel der Humboldt-Universität zu Berlin 183

Peter Neumann

Vom Prozessleitsystem „audatec“ zum „Virtual Automation Network“..... 197

Rudolf Seising

Unschärfe Mengen in der DDR..... 217

Joachim Fischer

Von den Anfängen einer objektorientierten Modellierung zur
modellgetriebenen Entwicklung verteilter eingebetteter Systeme..... 233

Werner Richter und Klaus-Dieter Müller

Automatisierungstechnik und Informatik 245

Wolfgang Lampenscherf

Die Gestaltung von Informationssystemen aus der Sicht eines
Logikentwerfers beim Hardwareentwurf von DV-Anlagen des ESER 255

Siegmar Gerber

Anwendungslösungen zur Simulation von Rechenanlagen auf dem ZRA1
und zur Bibliographieautomatisierung mit Hilfe des Rechners ODRA.....267

Werner Kriesel

Integration der fünf Großen „C“275

Zum Geleit

WOLFGANG COY

coy@informatik.hu-berlin.de

Wir haben uns daran gewöhnt, dass die technische Entwicklung von Informatik und Informationstechnik eine globale Gemeinschaftsarbeit ist – Ergebnis und Treiber der Globalisierung. Zu Zeiten des Kalten Krieges war die Informatik aber auch Teil der militärischen Hochrüstung beider Blöcke. Auch wenn die Geschichte der Rechentechnik weit zurückgeht, erreicht sie einen ersten Höhepunkt im Zweiten Weltkrieg. Konrad Zuse, Howard Aiken, und Alan Turing sind mit ihren grundlegenden Erfindungen der dreißiger Jahre in diesen Krieg hinein gezogen worden, ebenso wie die Triumphe der Steuer- und Regeltechnik mit analogen Geräte, also beispielsweise Vannevar Bushs *Differential Analyzer*, Norbert Wiensers *Flugabwehrgeschütze* oder Horst Billings Magnetbandspeicher. Trotzdem blieben dies Einzelstücke, Labormodelle, die nur zögerlich und erst nach dem Krieg in die Entwicklung der (rechen-)maschinellen Produktion einfließen.

Turing, Shannon und Zuse machten sich auch Gedanken darüber, in welchem Sinne ihre Maschinen nicht nur rechneten, sondern intelligentes Verhalten zeigten. Norbert Wiener sah in der Steuer- und Regeltechnik gar ein neues wissenschaftliches Paradigma aufleuchten: *Kybernetik* oder „*Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*“. Pointiert stellte er fest: „*Information is information, neither energy nor matter. Any materialism that fails to take account of this will not survive one day.*“ Hüter des „dialektischen Materialismus“ wollten (und konnten) diesen Fehdehandschuh nicht ignorieren. Stalins Verdikt, die Kybernetik sei eine „bürgerliche“ Wissenschaft war eine deutliche Mahnung an die sowjetischen Wissenschaftler. Allein, Computer und Automaten zeigten sich als sehr brauchbare Instrumente zur Planung, Prognose, Produktionssteuerung und Verwaltung – und nicht zuletzt als Komponenten mit (zumindest imaginiertem) hohem militärischem Nutzen. Folglich wurde ihre Entwicklung, die schnell eine Fülle begleitender Techniken von der Halbleitertechnik und der Speichertechnik bis zur Mikroelektronik und der digitalen Kommunikation förderte und benötigte, aus dem Militärhaushalt finanziert; die nicht-militärische Nutzung in Verwaltung und Produktion wurde zum nahe liegenden, aber immens nützlichen Abfallprodukt. Die Jahrzehnte nach dem Zweiten Weltkrieg waren durch diese Entwicklung gekennzeichnet, deren wissenschaftliche Begleitung mit Namen wie *Informatik*

oder *Automatisierung* belegt wurde. Heute wissen wir, dass das einst verkündete „Atomzeitalter“ vor allem ein „Computerzeitalter“ wurde.

Diese militärische Komponente verhinderte allerdings den weltweiten Austausch der Technik. Während die Wissenschaft der Informatik brav den klassischen Vorgaben internationaler Offenheit folgte, der Publikation grundlegender Erkenntnisse in wissenschaftlichen Zeitschriften und Büchern oder auf Kongressen, war ihre technische Produktion schnell nicht nur von den Schutztechniken der Patente und des Urheberrechts ummantelt, sondern auch mit heftigen ökonomischen und politischen Barrieren abgeschildert. Während das ökonomische Eigeninteresse kapitalistischer Firmen einen gewissen Ausgleich zur militärischen Geheimhaltung schuf, führte dies im Falle der DDR zu zusätzlicher Abschottung der Informationsflüsse nach außen und nach innen. Hinzu kamen die äußeren Randbedingungen des „Kalten Krieges“, nämlich Spionage und Sabotage (als reale Erfahrung, aber wohl häufiger als Verdacht und Verdächtigung), ein durchgängiger Devisenmangel mit industriell unbefriedigender Ausrichtung auf den RGW und das West-Embargo durch die Cocom-Richtlinien der NATO. Aber nicht nur der Kalte Krieg, sondern auch die innere Verfasstheit der DDR hat sich als besondere Entwicklungsschranke erwiesen, gekennzeichnet durch eine Verkrustung der Entscheidungsstrukturen in der Folge dauerhafter Besetzung von Machtpositionen, Dominanz der Herrschaftsideologie des „Wissenschaftlichen Sozialismus“ und Festlegung auf das sowjetisch-stalinistische Modell der Industrialisierung mit ihrem Vorrang der Schwerindustrie und dem ideologischen Vorrang der körperlichen Arbeit in der Produktion, genannt „Arbeiterklasse“, einhergehend mit einer Herabsetzung sogenannter „unproduktiver“ Arbeit in Handel, Büro, Ausbildung, die bestenfalls als „technisch-wissenschaftliche Intelligenz“ ihren Platz fand.

Neben diesen Sonderbedingungen, die mehr oder minder alle Staaten mit realsozialistischer Regierungsform betrafen, gab es Besonderheiten der DDR aus ihrer Geschichte. Die Geburt des „ersten Arbeiterstaates auf Deutschem Boden“ war nicht das Ergebnis einer „Proletarischen Revolution“, sondern von außen durch die Besatzungsmacht und von oben durch die SED-Führung definiert. Die DDR ist aus der Sowjetischen Zone des besiegten Deutschen Reiches entstanden. Die sowjetische Besatzungsmacht behielt enormen Einfluss: Faktisch durch die Präsenz der Roten Armee, ideologisch durch die Exilphase der ersten Ulbricht-Regierung und später durch die enge Verknüpfung im Rat für gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW). Dies bedeutete eine enge Kopplung an die SU unter Hintanstellung bis Ignoranz nationaler und regionaler Besonderheiten. Befördert wurde dies durch eine Frontlage im Kalten Krieg, gekennzeichnet durch ständige Konkurrenz zur BRD, den Krieg der Ätherwellen und fortwährende Konfrontation mit familiären Verwandtschaften. Zu den Besonderheiten der DDR im sozialistischen Lager gehörte schließlich eine hohe Industrialisierung, aber mit spezifischen Defiziten durch die Teilung des

Deutschen Reichs, sowie ein hoher Bildungsstand und Ausbildungsstand. Im Kontext der Informatik war dies auch in der Tradition des deutschen Büromaschinenbaus erkennbar, der im Deutschen Reich weit überwiegend auf dem Boden der späteren DDR beheimatet war.

In dieser besonderen Ausgangslage gelang es der DDR nicht, zwei Grundprobleme des Kalten Kriegs zu lösen, nämlich ihren ständigen Devisenmangel, nicht zuletzt bedingt durch die Konzentration auf die wirtschaftlichen Beziehungen zum RGW, zu mildern und zweitens die Embargopolitik des Westens abzufedern. Diese Embargopolitik hatte verheerende Wirkungen, die aber von der Führung der DDR tendenziell verstärkt wurden, indem sie zum „Hauptkampffeld in der Klassenauseinandersetzung“ erklärt wurden. So heißt es in einem Aufsatz in der theoretischen SED-Zeitung „Einheit“ vom März 1981, dass sich die Auseinandersetzungen der beiden Gesellschaftssysteme im „Kampf um führende Positionen in Wissenschaft und Technik“ hauptsächlich auf die Entwicklung der Mikroelektronik und deren Anwendung gründeten, sowie auf das Gebiet der Automatisierung der Produktion mit Hilfe von numerisch- und rechnergesteuerten Maschinen und Industrierobotern, auf die Erschließung neuer und einer rationellen Nutzung vorhandener Energiequellen sowie auf die Schaffung neuer Werkstoffe und Werkstoffkombinationen. Die Schlussfolgerungen waren aber nicht etwa Versuche einer politischen Lösung der Embargo-Umklammerung durch Kooperation, Verhandlung und Lizenzen, die zumindest denkbar war, sondern der aus heutiger Sicht zum Scheitern verurteilte Versuch eine weltmarkunabhängige eigene Produktion aufzubauen. Es half dabei nicht, dass die Embargo-Politik gelegentlich und in Einzelfällen gezielt durchbrochen wurde.

In einem Aufsatz der (westdeutschen) *Computerwoche* heißt es 1984:

„US-Firmen befolgten dieses Embargo verständlicherweise weitaus strenger als die Europäer. Dennoch verhinderte die Maßnahme den Verkauf von Rechnern der dritten Generation. Die ICL soll das strikte Veto der Amerikaner mit einem speziell für den Comecon entwickelten Modell, dem System 4/62, umgangen haben, wobei man sorgfältig darauf achtete, dass nur nichtamerikanische Komponenten für den Bau Verwendung fanden. Damals zeigte es sich, dass gerade Lizenzabkommen für viele Firmen ein willkommener Weg zur Umgehung der Nato-Beschränkungen waren. Der tschechoslowakische Rechner Tesla 200 war zum Beispiel die CSSR-Version der Bull-GE Gamma 140/145. Die Ungarn stellten ihre Rechner IMG 810 und IMG 830 und Rumänien den Rechner Felix C-256 in Lizenz der französischen Iris 50 und Iris 80 her. Für die polnische Odra-1300-Serie wurde Software in Lizenz von ICL verwendet. Auch in den

70er Jahren setzten sich trotz des Nato-verbindlichen Embargos die West-Ost-Aktivitäten auf dem Computersektor fort. In Warschau wurde in dieser Zeit zwischen dem polnischen Außenhandelsunternehmen Metronex und Honeywell ein Kooperationsvertrag abgeschlossen. 1973 hatten zum Beispiel die amerikanische CDC und die Regierung der UdSSR einen auf intensive Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Computertechnik gerichteten Vertrag unterzeichnet. Sowjetische Planungsbeamte sollen Anfang der 70er Jahre zugegeben haben, dass die UdSSR mindestens ein Drittel der bis 1975 zu installierenden Rechner aus Westeuropa, den USA und Japan importieren muss, da die eigene Produktion nicht im Stande sein würde, den Bedarf selbst zu decken.“

Es gab Wege einer lizenzorientierten Kooperation mit dem Westen, doch die selbstüberschätzende mangelnde Bereitschaft der DDR-Führung, sich auf Lizenzen einzulassen, verhinderte mit dem Hintergrund dauerhaften Devisenmangels die Ausweitung des Informatikeinsatzes von einzelnen DV-Anlagen zu massenhafter Verwendung in Betrieben und im Konsumsektor. Die DDR geriet vor allem dadurch in einen immer größer werdenden technologischen Rückstand – in der Spitzenproduktion ebenso wie in der Massenproduktion. Daran konnten einzelne herausragende Forschungsergebnisse in Universität und Akademie und im Labor nichts mehr ändern, denn spätestens mit der Massenproduktion von Mikroprozessoren und großen Halbleiterspeicherbausteinen ging es nicht mehr um Einzelleistungen im Labor, sondern um den Aufbau einer Industrie oder den Import solcher Chips. Zum technologischen Rückstand schreibt Klaus Krakat am 12.03.81 in der *Computerwoche*:

„Gegenwärtig fertigt die DDR rund 210 Typen von integrierten Schaltkreisen, davon drei Mikroprozessoren. Trotz beachtlicher Entwicklungserfolge auf diesem Gebiet liegt sie nach übereinstimmender Schätzung von Branchenkennern aus dem Westen um rund vier Jahre hinter der internationalen Entwicklung, die durch, die USA und Japan bestimmt wird, zurück.“

In derselben Zeitschrift steht 1987:

„Gerade im Falle der Ausbreitungsgeschwindigkeit von Mikroprozessoren und dynamischen RAM-Speicher-Chips liegt die DDR im West-Ost-Vergleich noch jeweils um mehr als eine Chip-Generation hinter den USA und Japan zurück. Auch die Bundesrepublik rangiert hier noch relativ deutlich vor der DDR. So beträgt beispielsweise der time-lag zwischen den USA und der DDR bei 16-Bit-Mikroprozessoren rund sieben Jahre. Bei

64-KB-DRAMs beträgt der Abstand rund sechs Jahre gegenüber Japan und den USA und etwa drei Jahre gegenüber der Bundesrepublik. Unter Berücksichtigung des bisherigen Entwicklungstempos bei aktiven elektronischen Bauelementen kann man davon ausgehen, dass eine 32-Bit-CPU und ein 256-KB-DRAM in der DDR frühestens ab 1990 vorgestellt werden.“

Wo die DDR bessere Produktionsmaschinen herstellen konnte (etwa bei Zeiss Jena), wurde ihr industrieller Einsatz gelegentlich aus militärischen Erwägungen verhindert.

Durch Devisenmangel und Embargo sah sich die DDR-Führung auf Basis ihrer politischen Entscheidungen letztlich in der Zwangslage, eine eigene Mikroelektronik und Rechner Technik in der Breite des Weltmarktes zu entwickeln – was mit Ausnahme der Supermächte keinem anderen Land der Welt mehr vorschwebte. Dies wurde noch verschärft durch Ignoranz gegenüber industriellen Entwicklungen im Westen in ihren Anfängen und durch eine selbstbetrügerische Verblendung bezüglich des eigenen wissenschaftlichen, technischen und vor allem ökonomischen Potentials. Typisch erscheint im Nachhinein der Wettlauf um die Entwicklung eines 1-Mb Speicherchips und von 32-bit Mikroprozessoren. Die Entwicklung des Megabit-Chips soll 14 Mrd. Mark gekostet haben. Sie hat erhebliche Kapazitäten gebunden und der Chip konnte nicht konkurrenzfähig gebaut werden. Zur Massenfertigung, die ja auch mit einem laufenden Prototypen ökonomisch noch eine bedeutende Hürde darstellt, ist es freilich nicht mehr gekommen.

Die DDR ist heute nicht nur philatelistisch ein „abgeschlossenes Sammelgebiet.“ Auch technikhistorisch verschwinden ihre Idiosynkrasien. In der schnelllebigen Computertechnik scheint nach zwanzig Jahren nichts mehr übrig zu sein – außer ihren Protagonisten, die längst neue Aufgaben übernommen haben oder im Ruhestand leben. Der rasche Übergang und die Integration DDR-spezifischer Ansätze in den gesamtdeutschen Forschungs- und Wirtschaftskontext belegt, dass der „Sonderweg“ nicht allzu arg vom Pfad globaler Tugend weggeführt hat. Trotzdem oder vielleicht auch deshalb verdient die DDR-Informatik eine eigenständige Behandlung, auch wenn sie noch schneller als die westdeutsche Informatik in der rasanten globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik aufgegangen ist. Heute lösen sich die nationalen Technikentwicklungen unter dem Einfluss globaler Netze, vernetzter Wissenschaft, international verflochtener Konzerne und des regen weltweiten Austauschs unter Wissenschaftlern, Technikern, Händlern und Nutzern mit so großem Tempo auf, das die nationale Technikgeschichtsschreibung kaum noch einen besonderen Erkenntnisgewinn zulässt.

Beim Lesen dieses Bandes der vierten Tagung, die auf den drei verdienstvollen vorherigen Tagungen aufbaut, mag sich die Frage aufdrängen, was aus der DDR unter den Bedingungen eines offenen globalen Internets und eines freien Warenverkehrs geworden wäre. Wir wissen es nicht, aber auch die Informatik hätte sicher ihren Teil zu einem schnellen und radikalen Umbruch beigetragen. Sie ist nicht mehr zum Zug gekommen.

Berlin, 11.9.2010

Information, Organisation und Informationstechnologie

Schritte zur Herausbildung einer am Menschen orientierten Methodologie der Informationssystem-, Arbeits- und Organisationsgestaltung

KLAUS FUCHS-KITTOWSKI
fuchs-kittowski@t-online.de

1 Systemgestaltung und automatisierte Informationsverarbeitung als Spezialisierung

Die Gründung der Sektion „Ökonomische Kybernetik und Operationsforschung“ an der Humboldt-Universität am 29. April 1968 und ihre spätere Profilierung auf „Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsorganisation“^{1,2} hatte zum Ziel, entsprechend der Vision von J. D. Bernal von der Funktion der Wissenschaft als Produktivkraft, als Hauptkraft der Veränderung in der Gesellschaft, zur gesellschaftlichen Veränderung beizutragen. Die Gründung einer Sektion, die moderne Methoden und Techniken der Organisation und Leitung wie ökonomische Kybernetik, Operationsforschung und Datenverarbeitung entwickeln und ihre Anwendung im Bereich der Wirtschaft und Wissenschaft praktisch vorantreiben sollte, ist nur im Zusammenhang mit den Reformbestrebungen dieser Zeit zu verstehen³. Eine interdisziplinäre Sektion an einer Universität konnte nur Bestand haben, wenn sie auch eine tragfähige Ausbildung interdisziplinärer Berufe ermöglicht. Dies sind insbesondere Ökonomen und Informationsverarbeiter (heute Informatiker, Wirtschaftsinformatiker). Diese Überlegung führte dazu, dass die Sektion von Beginn an zwei Spezialisi-

¹ Fuchs-Kittowski, K.; Albrecht, E.; Langner, E. & Schulz, D. (2010): Gründung, Entwicklung und Abwicklung der Sektion Ökonomische Kybernetik und Operationsforschung/Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsorganisation an der Humboldt-Universität zu Berlin. In: *Die Humboldt-Universität Unter den Linden 1945 bis 1990 – Zeitzeugen, Einblicke, Analysen*, Leipziger Universitätsverlag.

² Weisung des Ministers für Hoch- und Fachschulwesen zur Entwicklung der Wissenschaftsorganisation an der Humboldt-Universität Berlin (HUB), Anlage zum Schreiben des Ministers an den Rektor vom 25. Juni 1969.

³ Zur Reformierung des Wirtschaftssystems verkündete der Ministerrat der DDR im Juni 1963 das von Wirtschaftsfachleuten entwickelte „Neue Ökonomische System der Planung und Leitung“ (NÖSPL).

sierungsrichtungen nach einem Grundstudium konzipierte: „Leitung und Ökonomie der wissenschaftlichen Arbeit“ und „Systemgestaltung und automatisierte Informationsverarbeitung“⁴. Der Strukturplan der Sektion verdeutlicht diese Orientierung auf zwei Spezialisierungsrichtungen⁵. Die Gründung des Bereichs Systemgestaltung und automatisierte Informationsverarbeitung unter Leitung von K. Fuchs-Kittowski (Lehrstuhl für Informationsverarbeitung) sollte zur Entwicklung einer ingenieur- und sozialwissenschaftlich sowie einer auf Wissenschaftsprozesse orientierten theoretischen und angewandten Informatik beitragen.⁶ Von Beginn an gehörten zum Bereich ein Kern von Mitarbeitern, die schon 1964 das Rechenzentrum der Humboldt-Universität mit gegründet hatten: R. Tschirschwitz, K. Fuchs-Kittowski und etwas später auch K. Lemgo. Es kamen schrittweise weitere Spezialisten des EDV-Einsatzes aus verschiedenen Einsatzgebieten hinzu: C. Dahme, M. Falck, A. Fellien, T. Hager, C. Hartmann, G. Klatt, K. Koitz, E. Mühlenberg, U. Schuster und B. Wenzlaff. Ab 1987 wurde der Bereich durch die Arbeitsgruppe automatische Sprachverarbeitung aus der Charité: R. Steiger, S. Seffner und V. Völkel verstärkt. Ein Blick auf die Lehrpläne für die Aus- und Weiterbildung⁷ verdeutlicht, dass alle für das Profil eines EDV-Organisators bzw. Informationssystemgestalters notwendigen und von der Praxis geforderten Themen der EDV-Stufe 3 behandelt wurden und darüber hinaus Spezialthemen zur theoretischen und praktischen Bewältigung des IKT-Einsatzes in Wirtschaft und Wissenschaft.

Schwerpunkt der Forschung im Bereich waren die „methodologischen Probleme des Einsatzes der automatisierten Informationsverarbeitung zur Unterstützung von Problemlösungsprozessen“ in der Leitungs- und Verwaltungsarbeit in der Wirtschaft, im Hochschul-, Bibliotheks- und Gesundheitswesen, sowie auch in der Medizin^{8,9}. Es wurden Forschungsleistungen auf dem Gebiet

⁴ Vgl. Studentafel der Fachrichtung Sozialistische Wissenschaftsorganisation (Direktstudium) zur Ausbildung an Universitäten und Hochschulen der DDR, MHF Berlin 1975 (siehe Wissenschaftswissenschaft in Lehre und Forschung, Literatur Fußnote 12, S. 24-25) und Studentafel der Fachrichtung Wissenschaftsorganisation und Informatik (Direktstudium). In: *Studienplan für die Grundrichtung Wirtschaftswissenschaften (volkswirtschaftlich orientierte Fachrichtungen) zur Ausbildung an Universitäten und Hochschulen der DDR, Berlin 1987, S. 84-85.*

⁵ Schulze, D.; Albrecht, E.; Langner, E.; Loeser, F. & Sucker, U. (Hrsg.) (1978): Wissenschaftswissenschaft in Lehre und Forschung, Wissenschaftliche Schriftenreihe der HUB, S. 10.

⁶ Fuchs-Kittowski, K. & Tschirschwitz, R. (1978): Systemgestaltung zur effektiven Integration der Automatisierten Informationsverarbeitung in gesellschaftlichen Organisationen. *Wissenschaftswissenschaftliche Beiträge, (1), S. 54-100.*

⁷ Studienplan Für das postgraduale Studium Sozialistische Wissenschaftsorganisation, Studentafel für das Postgraduale Studium mit Fachabschluss „Sozialistische Wissenschaftsorganisation/automatisierte Informationsverarbeitung. (Studienplan Direktstudium, Fußnote 4).

⁸ Fuchs-Kittowski, K. & Guderhuth, P. (1982): Grundfragen der Informatik in Medizin und Biologie. In: Adam, J. & Mühlenberg, E. (Hrsg.), *Probleme der Informatik in Medizin und Biologie, III. Wissenschaftliches Kolloquium zur Organisation der Informationsverarbeitung, Berlin.*

der Kybernetik, Modellbildung¹⁰ und Gesundheitssystemforschung¹¹, der Information und Dokumentation^{12,13}, der IKT-Unterstützung der Leitungstätigkeit im Hochschulbereich^{14,15} sowie der experimentellen wissenschaftlichen Arbeit^{16,17} und zu den Wechselbeziehungen zwischen Automat und Gesellschaft erbracht und im Rahmen der KI-Forschung zum Wissenschaftler Arbeitsplatz¹⁸ und zur automatischen Sprachverarbeitung¹⁹ geforscht. Die Forschungsarbeiten wurden in enger Kooperation mit dem Organisations- und Rechenzentrum der Universität durchgeführt, dessen Leiter B. Wenzlaff, zugleich zum Lehrkörper der Sektion gehörte. Dies fand seinen Ausdruck in der gemeinsamen Monographie „Informatik und Automatisierung“²⁰ sowie der Entwicklung eines konkreten Datenbank Projekts,²¹ wofür die Forschungs-

⁹ Fuchs-Kittowski, K. & Hartmann, C. (1988): Büroautomatisierung. Ziele, Aufgaben, Wirkungen. *edv aspekte* 7 (1).

¹⁰ Dahme, C. & Hager, T. (1987): Intentional and operational Aspects of the Decision Behaviour and their Modeling. In: *Docherty, P.; Fuchs-Kittowski, K.; Kolm, P. & Mathiasen, L. (Hrsg), System Design for Human Development and Productivity – Participation and beyond, North Holland, Amsterdam.*

¹¹ Hager, T. (1985): Systemanalytische Methoden und Instrumentarien zur Bewältigung komplexer Entscheidungssituationen in der Wissenschaftsorganisation und bei der Organisation des Gesundheitswesens. *Dissertation (B), Humboldt-Universität.*

¹² Hartmann, Ch. (1981): Einige praktische Probleme und Ergebnisse des internationalen Magnetbandaustausches zwischen IZIS und IQIS des ISWTI. In: *Schriftenreihe des INER der TH Ilmenau. Inf./Dok., 51, S. 57-69.*

¹³ Hartmann, Ch. (1983): Schlussfolgerungen aus Literaturanalysen zum Kosten-, Zeit- sowie Sprach-, Nutzer- und Searcherverhalten in Dialog- und Stapelrecherchesystemen. In: *Schriftenreihe des INER der TH Ilmenau. Inf./Dok. 59, S. 23-33.*

¹⁴ Klatt, G. (1977): Theoretische und praktische Aspekte zur Nutzung eines dynamisch automatisierten Systems der Informationsverarbeitung (AIV) im MHF-Bereich, *Dissertation (A).*

¹⁵ siehe auch Vortrag von P. Schirnbacher auf dieser Tagung.

¹⁶ Lemgo, K. (1980): Methodologische Probleme des Einsatzes der automatisierten Informationsverarbeitung im experimentellen Forschungsprozess. *Dissertation (A).*

¹⁷ siehe auch Vortrag von A. Fellien auf dieser Tagung.

¹⁸ Dahn, B.; Fellien, A.; Grabowski, J. et al. (1986): Aktuelle Aufgaben der Wissensverarbeitung in der rechnerunterstützten Forschung. *Informatik Skripte Heft IV: Humboldt-Universität zu Berlin/ Organisations- und Rechenzentrum, Berlin.*

¹⁹ Steiger, R.; Seffner, S. & Völkel, H. (1988): Entwicklungsstand und künftige Aufgaben der automatischen Sprachverarbeitung auf dem Anwendungsgebiet Medizin in der DDR; Das Lexikon und die semantischen Merkmale und Beziehungen der verbalen und nominalen Satzkonstituenten; Die Darstellung syntagmatischer und paradigmatischer Bedeutungsbeziehungen im semantischen Kollokationswörterbuch. In: *Mitteilungen zur autom. Sprachverarbeitung der Akademie der Wissenschaften, S. 1-6, 7-28, 29-35.*

²⁰ Fuchs-Kittowski, K.; Kaiser, H.; Tschirschwitz, R. & Wenzlaff, B. (1976): Informatik und Automatisierung. Theorie und Praxis der Struktur und Organisation der Informationsverarbeitung. *Berlin.*

²¹ Datenbanken für Problembearbeitung. In: *Wiss. Zeitschrift der HUB, Math.-Nat. Reihe XXV (1976) 2, Teil 2.*

gruppe mit dem „Forschungspreis der Humboldt-Universität“ ausgezeichnet wurde. Zu den Forschungsergebnissen des Bereichs gehören damit auch die Arbeiten zu den allgemeinwissenschaftlichen Kategorien Information und Organisation; so die Differenzierung zwischen Daten und Information²², zum semiotischen Verständnis der Information sowie das evolutionäre Stufenkonzept der Information²³. Wenn von der Ausbildung und Forschung des Bereiches gesprochen wird, darf die große Anzahl der vom „Lehrstuhl für Informationsverarbeitung“ betreuten Dissertationen (A) und (B) nicht unerwähnt bleiben. Einige der wichtigsten sind im Anhang zum Artikel über die Entwicklung der Sektion Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsorganisation aufgelistet.²⁴

Dies kann hier nicht alles dargestellt werden. Wir beschränken uns auf die Überlegungen zur Methodologie der Informationssystemgestaltung, die Arbeits- und Organisationsgestaltung mit einschließt.

Alle Mitarbeiter des Bereiches waren in unterschiedlicher Weise an der Erarbeitung einer komplexen, nutzerorientierten^{25,26,27} Methodologie der Informationssystemgestaltung beteiligt, wie auch an der differenzierten inhaltlichen Gestaltung und der meist sehr schwierigen Organisation der vom Bereich, im Bemühen um Kooperation statt Konfrontation in der Systemauseinandersetzung, durchgeführten nationalen und internationalen Konferenzen. Es ging um eine grundsätzliche Umorientierung, um die Überwindung einer rein technikbezogenen Methodologie, um die Berücksichtigung des sozialen Kontextes²⁸.

²² Fuchs-Kittowski, K.; Lemgo, K. & Mühlenberg, E. (1978): Zur Unterscheidung von wissenschaftlichen Begriffen und zur Differenzierung von Informationen als eine theoretische Grundlage für den Einsatz der automatisierten Informationsverarbeitung im Forschungsprozess. In: Parthey, H. (Hrsg.), *Problem und Methode in der Forschung*, Akademie-Verlag, Berlin, S. 128-168.

²³ Fuchs-Kittowski, K. (1992): Reflection on the Essence of Information. In: Floyd, C.; Züllighoven, H.; Budde, R. & Keil-Slawik, R. (Hrsg.), *Software Development and Reality Construction*, Berlin, New York: Springer, S. 416-432.

²⁴ Fuchs-Kittowski, K.; Albrecht, E.; Langner, E. & Schulz, D. (2010): Gründung, Entwicklung und Abwicklung der Sektion Ökonomische Kybernetik und Operationsforschung/Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsorganisation an der Humboldt-Universität zu Berlin. In: *Die Humboldt-Universität Unter den Linden 1945 bis 1990 – Zeitzeugen, Einblicke, Analysen*, Leipziger Universitätsverlag.

²⁵ Tschirschwitz, R. (1989): Einbeziehung/Partizipation – entscheidendes methodologisches Element einer effektiven Anwendung moderner Informations- und Kommunikationstechnologien. In: *MKÖ IX, Wirtschaftswissenschaften, Leipzig, 1989. Bd. 1* S. 59-60.

²⁶ Mühlenberg, E. (1989): Methodologische Probleme bei komplexer Informationssystemgestaltung. *Wissenschaftswissenschaftliche Beiträge* (62), S. 47-51.

²⁷ Falck, M.; Fuchs-Kittowski, K.; Hartmann, Ch.; Klatt, G. (1988): Büroautomatisierung – Probleme, Methoden, Erfahrungen bei der Einbeziehung der Nutzer. *edv aspekte* 7 (1), S. 13-18.

²⁸ Fuchs-Kittowski, K. (1988): Informations- und Kommunikationstechnologien als die zum gegenwärtigen Zeitpunkt der wissenschaftlich-technischen Revolution strategisch wichtigste Schlüsseltechnologie. *Vortrag auf dem Forschungskolloquium der Sektion Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsorganisation der Humboldt-Universität* (unveröffentlicht).

Dabei konnten wir uns zu Beginn insbesondere auf Artikel von E. Grochla²⁹, L. R. Heinrich³⁰, K. Nygaard³¹ sowie von W. Kirsch und W. Klein stützen³².

Die fachliche Arbeit im Bereich erfolgte nicht abseits der internationalen Diskussion. Es ist hier insbesondere das Zusammenwirken von vier, durchaus unterschiedlichen wissenschaftlichen Schulen zu nennen:

1. Die der Betriebswirtschaftlichen Organisationslehre und Datenverarbeitung um E. Grochla,
2. die Skandinavische um K. Nygaard,
3. die Kalifornische um T. Winograd und
4. die Berliner um C. Floyd.

Unter „Berliner Schule“ wird in der Arbeit von K. Rosenwald³³ die kurzfristige aber intensive Zusammenarbeit des Bereichs Systemgestaltung und Informationsverarbeitung der Humboldt-Universität mit dem Fachbereich Informatik der TU Berlin verstanden. Durch die Zusammenarbeit im Rahmen der IFIP, war dies in gewisser Weise auch ein Glied in den Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Schulen.

2 Information, Organisation und Informationstechnologie

Schon bei der klassischen Lochkartentechnik bzw. elektro-mechanischen Datenverarbeitung galt der Grundsatz: „Erst organisieren dann mechanisieren“. Mit der Entwicklung und dem Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung für die ökonomische Massendatenverarbeitung hätte dieser Grundsatz weiter bestehen müssen. Er wurde aber weithin missachtet, denn die Probleme der sog. „organisatorischen Einsatzvorbereitung“ lagen, nach dem vorherrschenden Wissenschaftsverständnis, nicht im Verantwortungsbereich der relevanten Wissenschaften und auch nur eingeschränkt bei den Herstellern. Eine Wirtschaftsinformatik, die sich speziell den Problemen der Gestaltung von Informationssystemen in betrieblicher Organisation zuwendet, war noch nicht herausgebildet. In dieser Situation begannen wir im Bereich „Systemgestaltung und automatisierte Informationsverarbeitung“ uns verstärkt den Problemen des

²⁹ Grochla, E. (Hrsg.) (1975): Organisationstheorien. *Teilband 1 und 2. Stuttgart.*

³⁰ Heinrich, L. J. (1979): Computer am Arbeitsplatz – Distributed Data Processing. *Angewandte Informatik 7.*

³¹ Nygard, K. & Handlykken, P. (1981): The Systems Developmentist Setting, Some Problems and Needs for Methods. In: *Hunke, H. (Hrsg.), Software Engineering Environment. North Holland, S. 157 – 172.*

³² Kirsch, W. & Klein, H. K. (1977): Auf dem Wege zu einem neuen Taylorismus? In: *Management Informationssysteme I und II. Stuttgart.*

³³ Rosenwald, K. (1992): Methodische Probleme der Nutzerorientierten Informationssystemgestaltung. *Diplomarbeit, Fachbereich Wissenschaftsorganisation Humboldt-Universität zu Berlin.*

EDV-Einsatzes in sozialer (betrieblicher) Organisation zuzuwenden. Damit war das Ziel verbunden, die intensiven Wechselbeziehungen zwischen Organisation und Informationstechnologie, als Grundlage für die Integration der Informationstechnologie in die soziale Organisation (Betriebsorganisation, Krankenhausorganisation u. a.) aufzuzeigen und entsprechende Verallgemeinerungen für einen rationellen und menschengerechten Einsatz der Informationstechnologien zu gewinnen.

2.1 *Kybernetik als Kern einer Organisationstheorie und die Grenzen*

Der Biologe und Begründer der Allgemeinen Systemtheorie L. von Bertalanffy sah in der Schaffung einer Organisationstheorie die Aufgabe des Jahrhunderts. Auf dem Gebiet der elektronischen Datenverarbeitung gab es ebenfalls die dringende Aufforderung sich mit Organisationstheorie zu beschäftigen. In dem ersten uns zugänglichen Lehrbuch von N. Chapin hieß es: „Dass es eine Theorie der Organisation noch nicht gibt und der Organisator daher bisher gezwungen ist, sich auf wenig mehr als seinen gesunden Menschenverstand zu stützen.“³⁴

Das Regelkreisschema von N. Chapin³⁵ wurde für uns ein wesentlicher Ausgangspunkt zur Veranschaulichung der Bedeutung der EDV bei der Unterstützung von Leitungsprozessen in den Betrieben^{36,37}.

Die verschiedenen Denkmodelle der Kybernetik waren eine wichtige Grundlage für das Verständnis der lebenden und sozialen Organisation.

Wie schon im Zusammenhang mit der kybernetischen Darstellung der Regulation des Zellstoffwechsels³⁸, führte auch hier der Weg der Erkenntnis von den einfachen Regelkreisen, zu vermaschten Regelkreisen und dann darüber hinausgehend zu lernenden und sich selbst konstituierenden Systemen. Dies

³⁴ Chapin, N. (1963): Einführung in die elektronische Datenverarbeitung. *Wien, München: Oldenbourg. (Übersetzung aus dem Amerikanischen).*

³⁵ ebenda S. 42

³⁶ Fuchs-Kittowski, K. & Tschirschwitz, R. (1969): Zur marxistisch-leninistischen Organisationswissenschaft und den Techniken der Leitungstätigkeit – Kybernetik Operationsforschung elektronische Datenverarbeitung, Technische Information. *Wissenschaftlich-technisches Mitteilungsblatt des Industriezweigverbandes BMK Chemie der Kammer der Technik (KdT)*, Jg. 5, S. 1-55 und In: *Urania, Abteilung Ökonomie – Naturwissenschaft – Technik – Sektion Mathematik – August 1969, zweite Auflage August 1970.*

³⁷ Fuchs-Kittowski, K. & Tschirschwitz, R. (1986): Mensch–Automat–Organisation – Zur Auseinandersetzung um Leitbilder für die organisationstheoretischen Grundlagen der Informationssystemgestaltung. In: *Lebensweise im Kapitalismus – Ideologie und Wirklichkeit (Teil IV)*, *Humboldt-Universität zu Berlin*, S. 80-95.

³⁸ Fuchs-Kittowski, K. (1976). Probleme des Determinismus und der Kybernetik in der molekularen Biologie, Gustav Fischer Verlag, Jena (zweite erw. Auflage).

fand dann seinen Niederschlag in der Differenzierung verschiedener Typen von Informationen verarbeitender und erzeugender Systeme.

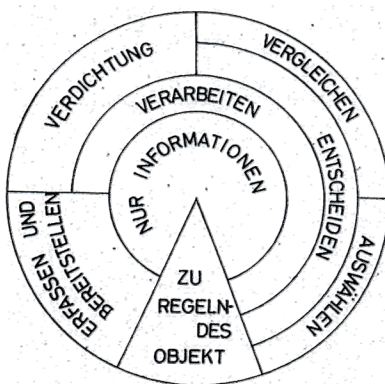


Abbildung 1: Regelkreis von N. Chapin

	Funktionssysteme			Aktionssystem
Arbeitsprozesse	Typen der Organisationssysteme			
	gesteuerte Systeme (open loop)	geregelter Systeme (closed loop)	formalisiert lernendes System	Konstituierendes System/Organisation
Grundtypen der Organisation von Leitungs- und Leistungsprozessen	Zielsystem, Sollwerte von außen gesetzt, Verhalten allein von außen bestimmt, starr festgelegte Ausführungsprozesse	Zielsystem, Sollwerte von außen gesetzt, jedoch Verhalten veränderlich, dass Sollwert erreicht wird, variabel festgelegte Ausführungsprozesse	Zielsystem wird nicht detailliert von außen gesetzt sondern wird vom System auf Grundlage vorgegebener Wertesystems selbst entwickelt	konkretes Ziel- und Wertesystem wird selbst entwickelt, schöpferische Eigenverantwortung für die Konstituierung und Durchführung der Ausführungs- und Kontrollprozesse
Grundtypen der Informationsverarbeitungsprozesse	Verknüpfung von Informationen zur Realisierung, Identifizierungsleistungen und Klassifikationen	Verknüpfung von Informationen nach mathematisch-logischen Prinzipien bei statisch gegebener Struktur der Verarbeitung und Verbesserung des Verhaltens	Verknüpfung von Informationen nach mathematisch-logischen Prinzipien entsprechend vorgegebener und erworbener Programme zur Verbesserung und Veränderung des Verhaltens	Verknüpfung und Erzeugung von Information nach mathematisch-logischen und/oder schöpferischen Prinzipien (Informationsvermehrung) für neue Verhaltensweisen in neuen Situationen

Abbildung 2: Typen von Organisationen

Die Erkenntnisse aus der Theorie der Biologie von L. von Bertalanffy, wie auch von W. Elsasser, machten uns jedoch zugleich die Grenzen dieser technischen Denkmodelle für das Verständnis der lebenden und sozialen Organisation deutlich. Dies führte zu der grundsätzlichen Unterscheidung zwischen kybernetischen Funktionssystemen und biologischer und sozialer Organisation als Aktionssysteme.

2.2 Soziale Organisation und soziologische Organisationstheorien

Die Beschäftigung mit den sozialen Organisationstheorien gewann immer größere Bedeutung³⁹. Wir sahen und sehen in ihnen den notwendigen konzeptionellen Bezugsrahmen für die effektive Integration moderner Informationstechnologien in soziale Organisation⁴⁰.

E. Grochlas Reader zur Einführung in die Organisationstheorie⁴¹ sowie seine Arbeit zur Entwicklung und Anwendung des Kölner Integrationsmodells (KIM)^{42,43} gewannen für uns Bedeutung. Zuvor war die umfangreiche Arbeit von D. M. Gvisiani „Management – Eine Analyse bürgerlicher Theorien von Organisation und Leitung“ erschienen⁴⁴. Hierin wurde festgestellt, dass die amerikanischen Organisationstheorien soweit fortgeschritten sind, dass man selbst in Westeuropa von einer theoretischen und praktischen Lücke auf diesem Gebiet spricht. Die amerikanische Literatur^{45,46} auf diesem Gebiet und ihre Auswertung wurden für uns wichtig^{47,48}. Die verschiedenen Theorien wurden nach dem ihnen zugrunde liegenden Menschbild klassifiziert und entsprechend berücksichtigt⁴⁹. Nach Veröffentlichung der Arbeit „Zur Auseinandersetzung um Leitbilder für die organisationstheoretischen Grundlagen der

³⁹ Fuchs-Kittowski, K. & Tschirschwitz, R. (1986): Mensch–Automat–Organisation – Zur Auseinandersetzung um Leitbilder für die organisationstheoretischen Grundlagen der Informationssystemgestaltung. In: *Lebensweise im Kapitalismus – Ideologie und Wirklichkeit (Teil IV)*, Humboldt-Universität zu Berlin, S. 80-95.

⁴⁰ Fuchs-Kittowski, K. (1983): Informatik und Organisationstheorie als konzeptioneller Bezugsrahmen für die effektive Integration moderner Informationstechnologien in soziale Organisation. In: *Fuchs-Kittowski, K. & Wenzlaff, B. (Hrsg.): Tagungsmaterial; IV. Wissenschaftliches Kolloquium zur Organisation der Informationsverarbeitung – Information, Organisation und Informationstechnologie*, Berlin, S. 128-205.

⁴¹ Grochla, E. (1978): Einführung in die Organisationstheorie. *Stuttgart*.

⁴² Grochla, E. (1974): Integrierte Gesamtmodelle der Datenverarbeitung: Entwicklung und Anwendung des Kölner Integrationsmodells (KIM). *Hanser*.

⁴³ Grochla, E. & Meller, F. (1977): Datenverarbeitung in der Unternehmung / Gestaltung und Anwendung. *Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag*.

⁴⁴ Gvisiani, D. M. (1974): Management – Eine Analyse bürgerlicher Theorien von Organisation und Leitung. *Berlin: Akademie-Verlag*.

⁴⁵ Haire, M. (Hrsg.) (1959): Modern Organization Theory. *New York: John Wiley & Sons*.

⁴⁶ March, J. & Simon, H. (1967): Organisation. *Carnegie Institute of Technology*.

⁴⁷ Hartmann, W. & Stock, W. (1976): Management von Forschung und Entwicklung. *Berlin: Akademie-Verlag*.

⁴⁸ Kieser, A., Kubicek, H. (1978): Organisationstheorien I und II, Kritische Analyse neuerer sozialwissenschaftlicher Ansätze. *Stuttgart, Berlin, Köln, Mainz: Urban-Taschenbücher, Verlag W. Kohlhammer*.

⁴⁹ Fuchs-Kittowski, K. & Tschirschwitz, R. (1986): Zur Auseinandersetzung um Leitbilder für die organisationstheoretischen Grundlagen der Informationssystemgestaltung. In: *Lebensweise im Kapitalismus, Ideologie und Wirklichkeit, Teil IV*, Humboldt-Universität zu Berlin, S. 80-95.

Informationssystemgestaltung“⁵⁰ gab es größere politische Auseinandersetzungen. Dies war u. a. der stalinistischen Trennung zwischen altem und jungen Marx sowie einem dogmatischen Verhältnis bestimmter Vertreter des Historischen Materialismus gegenüber der Soziologie geschuldet.

Die kritische Haltung zum Einsatz der Informationstechnologie und die Hinwendung zu den damit verbundenen sozialen Problemen wurde auch beeinflusst durch die Rezeption der Diskussion zwischen J. Habermas und N. Luhmann^{51,52}. Gegenüber Luhmann machten wir geltend, dass es nicht allein um Komplexitätsreduktion geht, sondern auch um interne Komplexitätserhöhung. Die damit verbundenen Probleme für die Organisation und Leitung von Betrieben, wurden damals noch in keiner Weise gesehen. Sie waren auch zu dem Zeitpunkt kaum wissenschaftlich erfasst und verstanden. Auch die Beschäftigung mit den damaligen soziologischen Organisationstheorien führte hier kaum weiter.

3 Inhalt und Anliegen der Symposien zur Organisation der Informationsverarbeitung

I. Kolloquium: „Neue Wege auf dem Gebiet der Datenverarbeitung?! 1972

Beim Einsatz der EDV zur Unterstützung der Leitungs- und Verwaltungsarbeit wurde man sich international immer mehr des Scheiterns der Integrierten Management Informationssysteme (MIS's) bewusst⁵³. Unsere erste Konferenz zur „Organisation der Informationsverarbeitung“ an der Humboldt-Universität zu Berlin hatte daher den Titel: Neue Wege der Datenverarbeitung?!⁵⁴ Wir machten den Versuch, durch eine genauere Bestimmung des Gegenstandes der Rationalisierung und Automatisierung, durch eine genauere Definition der Möglichkeiten und Grenzen der Computerunterstützung von Problemlösungsprozessen auf höheren Leitungsebenen, die Gründe für das Scheitern der ISAIV-Systeme herauszuarbeiten und „neue Wege“ für den Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung für diesen Bereich aufzuzeigen.

⁵⁰ Fuchs-Kittowski, K. & Tschirschwitz, R. (1986): Zur Auseinandersetzung um Leitbilder für die organisatorischen Grundlagen der Informationssystemgestaltung. In: *Berichte – Lebensweise im Kapitalismus – Ideologie und Wirklichkeit Teil IV*, Humboldt-Universität zu Berlin.

⁵¹ Habermas, J. & Luhmann, N. (1971): Theorie der Gesellschaft oder Sozialtechnologie – Was leistet die Systemforschung. *Frankfurt a. M.*

⁵² Habermas, J. (1976): Technik und Wissenschaft als „Ideologie“, Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

⁵³ Ackoff, R. L. (1967): Management Misinformation Systems. *Management Science*.

⁵⁴ Fuchs-Kittowski, K.; Tschirschwitz, R. & Wenzlaff, B. (1972): Neue Wege der Datenverarbeitung?! I. *Wissenschaftliches Kolloquium zur Organisation der Datenverarbeitung, Humboldt-Universität zu Berlin, (als Manuskript gedruckt)*.

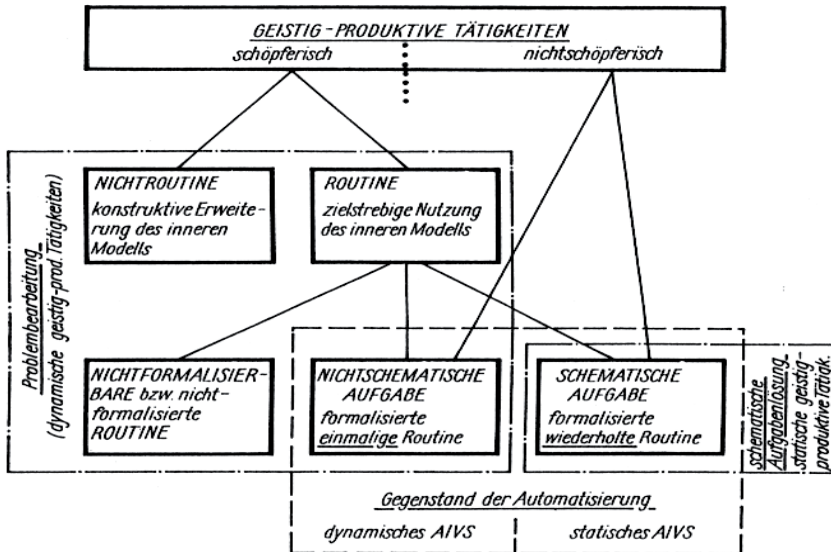


Abbildung 3: Differenzierung der geistig-produktiven Tätigkeit unter informationellem Aspekt (Bestimmung des Gegenstandes der Automatisierung)⁵⁵

II. Kolloquium: „Theoretische und praktische Fragen der Allgemeinen Informatik – Datenbanken für Problembearbeitung“ (1975).

Hauptanliegen dieses Kolloquiums war es, die Konzipierung dynamischer automatisierter Informationsverarbeitungssysteme theoretisch zu begründen⁵⁶. Dazu wurde ein Rückgriff auf die Problemtheorie erforderlich.

Bereits bei antiken Philosophen, wie Plato⁵⁷ und Aristoteles ist das Problem⁵⁸ ein wichtiger Begriff, der ein Wissen über ein Nichtwissen bezeichnet^{59,60}.

⁵⁵ Fuchs-Kittowski, K.; Kaiser, H.; Tschirschwitz, R. & Wenzlaff B. (1976): Informatik und Automatisierung. Berlin: Akademie Verlag, S. 25.

⁵⁶ Wenzlaff, B. (1975): Entwicklungslinien dynamischer automatisierter Informationsverarbeitungssysteme (AIVS). In: Referate auf dem wissenschaftlichen Kolloquium zur Organisation der Informationsverarbeitung, Datenbanken für Problembearbeitung, als Manuskript gedrucktes Tagungsmaterial, S. 2.

⁵⁷ Plato: Dialog Politikos. 291 St. Leipzig 1914, S. 81.

⁵⁸ Aristoteles: Metaphysik. 982b17; 995a24-995b4. Berlin 1960. S. 21, 54.

⁵⁹ Parthey, H. (1981): Problemsituation und Forschungssituation in der Entwicklung der Wissenschaft. Deutsche Zeitschrift für Philosophie (Berlin) 29 (2), S. 172-182.

⁶⁰ Fuchs-Kittowski, K., & Parthey, H. (1988): Veränderungen in der Forschungssituation durch die Entwicklung der Informationstechnologie. In: Arbeitstagung Forschungstechnologie '87 – Infor-

Ein echtes Problem liegt dann vor, wenn für ein System von Aussagen und Fragen über bzw. nach Bedingungen der Zielerreichung kein Algorithmus bekannt ist, durch den der festgestellte Wissensmangel in einer endlichen Zahl von Schritten beseitigt werden kann. Ist ein Algorithmus bekannt, so liegt eine Aufgabe vor.

Diese Unterscheidung zwischen Problem und Aufgabe entspricht der Unterscheidung zwischen Informationstransformation und Informationserzeugung, wie dies einerseits für die Datenverarbeitung als logische Aussagenverknüpfung und andererseits für das schöpferische Denken charakterisiert ist⁶¹.

Wenn der Problemlösungsprozess keine einfache algorithmische Aufgabenbearbeitung ist, sondern mit dem schöpferischen Denkprozess verbunden bleiben muss, dann sind wirkliche Managemententscheidungen, diagnostische Entscheidungen usw. als Problemlösungsprozesse nicht durchgängig automatisierbar. Dies war eine wichtige Feststellung gegenüber der damals verbreiteten Vorstellung, von der vollständigen Automatisierbarkeit auch der höheren Leitungs- und Leistungsprozesse.

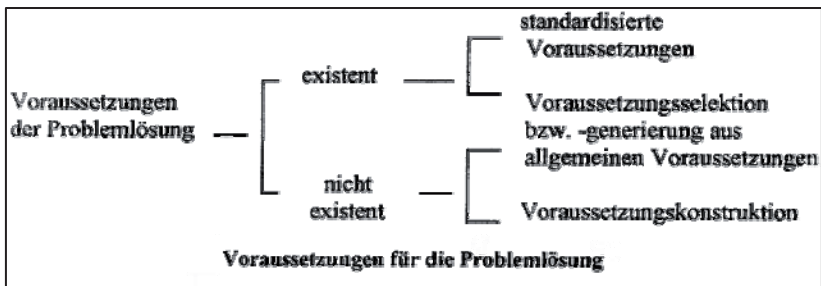


Abbildung 4: Unterscheidung zwischen standardisierten, selektierten und generierten Voraussetzungen der Problemlösung

Dies führte weiterhin zur Unterscheidung zwischen verschiedenen Voraussetzungen für die Problemlösung und zur Differenzierung zwischen verschiedenen Typen von *Systemen der automatisierten Informationsverarbeitung (AIVS)*.

mationstechnologie als Teil der Forschungstechnologie in den experimentellen Wissenschaften, Tagungsmaterialien, Akademie der Wissenschaften der DDR, Berlin, S.141-164.

⁶¹ Fuchs-Kittowski, K.; Kaiser, H.; Tschirschwitz, R. & Wenzlaff, B. (1976): Informatik und Automatisierung. Berlin: Akademie-Verlag.

AIVS-Grundtypen	Charakteristische Merkmale der AIVS			
	syntaktische Datenstrukturierung	Programmorganisation	Integrationsform	Rückwirkungen der EDV-Anwendung auf den Arbeitsprozeß
statische AIVS	<i>Verschlüsselung</i> der semantischen Ordnungsbegriffe	feste Programme für komplexe Operationen	Aufgabenintegration	statische Determination
flexible AIVS	<i>Verschlüsselung</i> der semantischen Ordnungsbegriffe	Programmvariabilität	aufgabenbezogene Datenintegration	flexible Determination
adaptive AIVS	<i>Verschlüsselung</i> der semantischen Ordnungsbegriffe	feste Programmgeneratoren	zweckbestimmte Datenintegration	Ersetzung eines Steuerungsprozesses
dynamische AIVS	<i>Belegung</i> der syntaktischen Identbegriffe	freie Programmgenerierung	reine Datenintegration	keine direkte Determination

Abbildung 5: Differenzierung zwischen verschiedenen Typen von Systemen der automatisierten Informationsverarbeitung (AIVS)⁶²

Bei der Konzipierung dynamischer automatisierter Informationsverarbeitungssysteme wurde auch zwischen direktem und indirektem Dialog vermittelt einer speziellen Organisationsform – einer Informationszentrale – unterschieden. Dies fand vor allem auf dem IIASA-Workshop on Data Communication Beachtung⁶³.

⁶² Fuchs-Kittowski, K., Tschirschwitz, R. & Wenzlaff, B. (1975): Tagungsmaterial und Referate auf dem II. Wissenschaftlichen Kolloquium zur Organisation der Informationsverarbeitung – Datenbanken für Problembearbeitung. *Humboldt-Universität, Berlin (als Manuskript gedruckt)*. Auch: Fuchs-Kittowski u. a.: *Informatik und Automatisierung*, wie Anm. 44.

⁶³ Fuchs-Kittowski, K.; Lemgo, K.; Schuster, U. & Wenzlaff, B. (1975): Man/Computer Communication: A Problem of Linking Semantic and Syntactic Information Processing. In: *Workshop on Data Communications, September 15-19, CP-76-9, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria*.

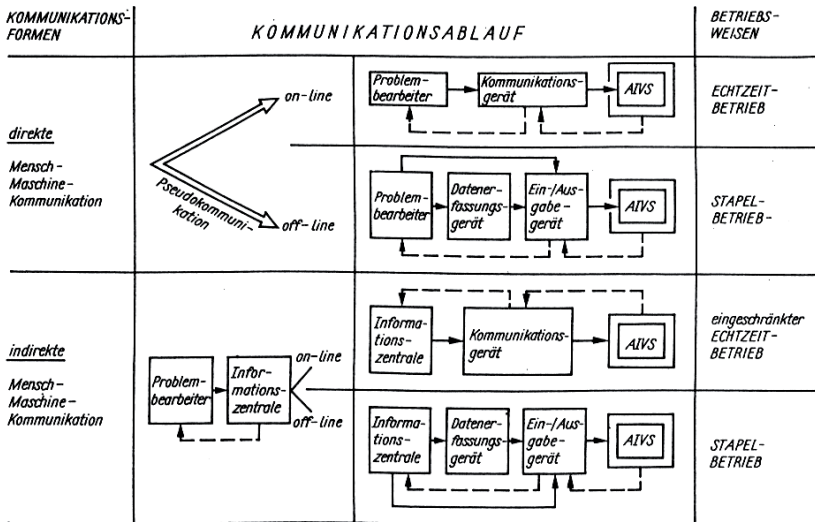


Abbildung 6: Direkter und indirekter Dialog (IIASA-Konferenz).⁶⁴

III. Kolloquium: „Probleme der Informatik in Medizin und Biologie“, Berlin 1978.

Dieses nationale Kolloquium mit internationaler Beteiligung lieferte einen umfassenden Überblick über den Leistungsstand der Medizinischen Informatik in der DDR (Vgl. ⁶⁵). Die Tagung dokumentierte unsere enge Zusammenarbeit mit P. Gudermuth und die Pionierarbeit die von ihm und seiner Gruppe im Krankenhaus Friedrichshain geleistet wurde.

Sie gewann besonderes Gewicht durch die Teilnahme der IIASA-Gruppe „Modelling of Health Care Systems“, wozu wir auf der Grundlage der medizinischen Datenbanken, die erforderlichen Daten lieferten und somit, mitten im Kalten Krieg, über die Mitarbeit am IIASA-Net, Möglichkeiten für einen grenzüberschreitenden Datenfluss mit schufen^{66,67}.

⁶⁴ Fuchs-Kittowski, K.; Tschirschwitz, R. & Wenzlaff, B. (1975): Tagungsmaterial für und Referate auf dem II. Wissenschaftlichen Kolloquium zur Organisation der Informationsverarbeitung – Datenbanken für Problembearbeitung. Humboldt-Universität, Berlin (als Manuskript gedruckt). Auch: Fuchs-Kittowski u. a.: *Informatik und Automatisierung*, wie Anm. 44.

⁶⁵ Fuchs-Kittowski, K. & Kunath, H. (2008): Zur Gestaltung medizinischer Informationssysteme und zur Entwicklung der medizinischen Systemforschung in der DDR. In: Demuth, B. (Hrsg.), *Informatik in der DDR – Grundlagen und Anwendungen, Tagungsband zum Symposium 15. und 16. Mai 2008 in Dresden, Lecture Notes in Informatics – Thematics, Bonn*.

⁶⁶ Fuchs-Kittowski, K. & Gudermuth, P. (1977): Providing Data for the Management and Planning of Public Health. In: Shigan, E.N. (Hrsg.), *System Modeling in Health Care, Proceedings of an*

	Wirkungsweise	Elemente	Struktur	Systemqualität
P - Systeme	kausale Element-Feld Wechselwirkung	Dinge Felder	Feldstruktur	nicht organisiert
F - Systeme	kausale Element-Element Relation	Gegenstände, Relationen, Steuerungssignale	Elementstruktur	organisierte Systeme
A - Systeme	finale Element-Element Relation	Aktionsträger, Informationen, Werte	Kommunikationsstruktur	organisierende Systeme

Abbildung 8: Zeigt, dass sich die Systeme in der Art ihrer Wirksamkeit, ihrer Struktur und in ihrer Systemqualität unterscheiden.

Die Einführung von Informations- und Kommunikationstechnologien bedeutet immer einen Sprung von der Totalität der sozialen Organisation zur Gestaltbarkeit und Machbarkeit von Funktionssystemen. Soziale Organisation als Ganzes ist jedoch nicht als ein kybernetisches Funktionssystem darstellbar. Es findet ein Übergang von der sozialen Organisation als sich organisierendes zu einem schon organisierten, dem formalen Funktionssystem statt, eine Reduktion der menschlichen Tätigkeit auf formalisierte Operationen und Abstraktion vom Prozess der Entstehung von Informationen und der Bildung von Werten in der sozialen, kreativ lernenden Organisation. Die Aufgabe der Informatik, der Methodologie der Informationssystemgestaltung ist es, diesen Übergang theoretisch wie praktisch zu beherrschen sowie den Weg wieder zurückzugehen bzw. zugleich, die durch die Informations- und Kommunikationstechnologien veränderte Organisation in die Gesamtorganisation zu integrieren. Dies ist nur auf der Grundlage entsprechender organisationstheoretischer, arbeitswissenschaftlicher und sprachwissenschaftlicher Kenntnisse möglich.

Weiterhin standen für uns die Untersuchung der Wechselbeziehungen zwischen Informationstechnologie und Organisation zur Debatte.

Durch Nachprüfung amerikanische Untersuchungen zu den Wirkungen der Informationstechnologien auf die Krankenhausorganisation⁷¹ erhielten wir Zugang zur Organisationsforschung in den USA und speziell zur axiomatischen Organisationstheorie von J. Hage⁷². Durch die Unterscheidung der verschiedenen Typen der Automatisierung und unterschiedlicher Strategien der

⁷¹ Farlee, M. (1980): Assessment of Impacts of Automated Medical Information. In: *Proceedings of the Fourth Annual Symposium on Computer Application in Medical Care, Washington.*

⁷² Hage, J. (1980): *Theories of Organizations, Form, Process & Transformation.* New York.

Informationssystemgestaltung⁷³ kamen wir bei der Überprüfung der Ergebnisse von C. Farlee in verschiedenen Berliner Krankenhäusern zu anderen Ergebnissen. Vor allem aber wurde nicht mehr vage über Wechselbeziehungen zwischen Informationstechnologie und Organisation gesprochen, sondern wir kannten jetzt erprobte Methoden, mit denen der Einfluss der Informationstechnologien auf die Organisationsstruktur und umgekehrt, der Einfluss notwendiger Veränderungen der Organisationsstruktur auf damit erforderlich werdende Entwicklungen der Informationstechnologie erfasst und eingeschätzt werden konnte. Die Berücksichtigung der Interdependenz von Organisation und Informationssystemen wurde unausweichlich.

Variablentyp		Struktur				Prozeß		Ergebnis	
		1	2	3	4	1	2	1	2
Struktur	1 Formalisierung	x	+	-	+	-	-	+	+
	2 Zentralisierung		x	-	+	-	-	+	+
	3 Spezialisierung/ Komplexität			x	-	+	+	-	-
	4 Stratifikation				x	-	-	+	+
Prozeß	1 Zufriedenheit					x	+	-	-
	2 Anpassungsfähigkeit						x	-	-
Ergebnis2 Effizienz								x	+

Abbildung 9: Wirkungen der Informationstechnologie auf die Organisationsstruktur und die Auswirkungen auf die Arbeitszufriedenheit, Anpassungsfähigkeit sowie Effektivität und Effizienz der Arbeit

Auf dieser Tagung wurde von C. Floyd erstmals die Methode STEPS⁷⁴ vorgestellt und wie sie selbst sagte, wagte⁷⁵ sie sich zum ersten Mal über „Grundzü-

⁷³ Fuchs-Kittowski, K. (1983): Informatik und Organisationstheorie als konzeptioneller theoreti- schismethodologischer Bezugsrahmen für die effektive Integration moderner Informationstechno- logien in soziale Organisation. In: Fuchs-Kittowski, K., Wenzlaff, B. (Hrsg.), *Tagungsmaterial; IV. Wissenschaftliches Kolloquium zur Organisation der Informationsverarbeitung – Information, Organisation und Informationstechnologie*, Berlin, S. 128-205.

⁷⁴ Floyd, C. et al. (1988): Projekt PEtS – Partizipative Entwicklung transparenzschaffender Soft- ware für EDV-gestützte Arbeitsplätze – Endbericht. *Technische Universität Berlin Forschungs- gruppe Softwaretechnik*, Herbst 1988.

⁷⁵ Floyd, C. (2002): Laudatio für Prof. Dr. Klaus Fuchs-Kittowski. In: Floyd, C., Fuchs, C. & Hofkirchner, W. (Hrsg.), *Stufen zur Informationsgesellschaft, Festschrift zum 65. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski*, Frankfurt a. M., Berlin, New York: Peter Lang Verlag, S. 24.

ge eines Paradigmenwechsels in der Softwaretechnik“ zu sprechen. Dieser Vortrag war ein Vorläufer zu ihrem englischen Papier⁷⁶.

V. Kolloquium: System Design for Human Development and Productivity: Participation and beyond, 1986^{77,78}.

Mit dem Thema dieses internationalen Kolloquiums: Produktivitäts- und Persönlichkeitsentwicklung – Partizipation und darüber hinaus – trafen wir ins Zentrum der Diskussion um die notwendige Erhöhung der Arbeitsproduktivität bei konsequenter Orientierung auf eine die Persönlichkeitsentwicklung fördernde Gestaltung der Arbeitsprozesse. Dies zu einem Zeitpunkt zu dem die noch vorrangig zentral eingesetzte Technik, eher die Taylorisierung der Arbeitswelt förderte. Es macht auch einen wesentlichen Unterschied, ob man über Mitbestimmung, Partizipation spricht, oder die Möglichkeit dazu direkt in die Gestaltungsmethodologie einbaut. Wie K. Rosenwald vermerkt: „Dabei ließ sich erstmals deutlich politischer Einspruch vernehmen; sollte doch Partizipation zum Selbstverständnis der DDR und nicht zur Diskussionsgrundlage gehören.“⁷⁹

VI. Kolloquium: Information Systems, Work and Organisation Design, 1989⁸⁰.

Mit diesem Kolloquium sollte die notwendige Einheit von Informationssystem- Arbeits- und Organisationsgestaltung herausgearbeitet werden.

Der Grundgedanke war, dass Informationssysteme, als sozio-technische Systeme, die in und für soziale (betriebliche) Organisationen funktionieren sollen, nur in Einheit mit einer entsprechenden Arbeitsgestaltung und Organisationsentwicklung gestaltet werden sollten. Das traditionelle Software Engineering bzw. die Softwaretechnik als Ingenieurdisziplin, die sich mit der Entwicklung und systematischen Anwendung von Prinzipien, Methoden und Werkzeugen für die ingenieurmäßige Entwicklung und Anwendung von IKT-Anwendungssystemen beschäftigt erwies sich dafür als zu eng.

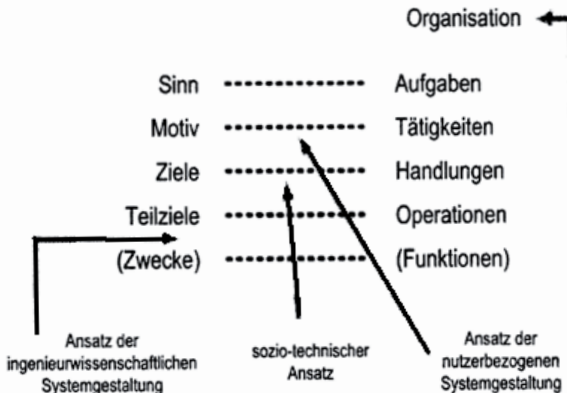
⁷⁶ Floyd, C. (1997): Outline of a paradigm change in software engineering. In: Bjerke, G.; Pelle, E. & Kyng, M. (Hrsg.), *Computer and Democracy – a Scandinavian Challenge*, Aldershot, Hampshire, Dower Publishing Company, S. 192-210.

⁷⁷ Fuchs-Kittowski, K. & Gertenbach D. (Hrsg.) (1987): System Design for Human Development and Productivity: Participation and beyond. *Proceedings of the IFIP TC9/WG 9.1. Conference, Akademie der Wissenschaften der DDR, Zentrum für gesellschaftswissenschaftlichen Information, Berlin/DDR*.

⁷⁸ Docherty, P.; Fuchs-Kittowski, K.; Kolm, P. & Mathiassen, L. (Hrsg.) (1986): System Design for Human Development and Productivity – Participation and Beyond. *Proceedings of the IFIP TC9/WG9.1 Working Conference, Berlin, GDR*.

⁷⁹ Rosenwald, K. (1992): Methodische Probleme der Nutzerorientierten Informationssystemgestaltung. *Diplomarbeit, Fachbereich Wissenschaftsorganisation Humboldt-Universität zu Berlin*, S. 27.

⁸⁰ Van Den Besselaar, P.; Clement, A.; Järvinen, P. (Hrsg.) (1991): Information System, Work and Organization. *Proceedings of the IFIP TC9/WG9.1 Working Conference, Berlin, GDR, 1989, Amsterdam, New York: North-Holland*.



Die Darstellung folgt den Ebenen der Tätigkeitsregulation nach Leontiev: Sie soll verdeutlichen, dass im Unterschied zum software-technischen, aber auch dem damaligen sozio-technischen Ansatz, der von uns entwickelte, als aktional bzw. nutzerorientiert bezeichnete Ansatz, bei der Tätigkeit und ihren Motiven beginnt und die Organisationsgestaltung mit einbezieht.

Abbildung 10: Ebenen der Tätigkeitsregulation

Wenn der Gestaltungsansatz mit der Organisationsgestaltung beginnt, muss man, wie die Abbildung 10⁸¹ zeigt, beim Sinn der zu bewältigenden Aufgaben, mit den Motiven für die zu formalisierende Tätigkeit und nicht erst bei den Zielen oder Teilzielen ansetzen, wie dies für das klassische Software Engineering und sozio-funktionalen (den klassischen sozio-technischen) Ansatz charakteristisch ist.

Die Orgwareentwicklung^{82,83} zur Gestaltung der Organisationssystem-Informationssystem-Schnittstelle findet besondere Beachtung.

Orgware ist somit die Gesamtheit an organisatorischen Konzepten, Bestimmungen, Methoden, Maßnahmen und einzelnen Regelungen, die für die Einführung und Nutzung der automatenunterstützten Informationssysteme notwendig sind, um die erwünschten Ziele des Hard- und Softwareeinsatzes zu

⁸¹ Fuchs-Kittowski, K. & Falck, M. (1989): Information System Design and Design of Work and Organization – Necessity for Widening the Socio-Technical to an Actional Approach. In: Ritter, G. X. (Hrsg.), *Information Processing 89, Proceedings of the 11th World Computer Congress, San Francisco, USA. Amsterdam: North-Holland, S. 269-270.*

⁸² Ongoing studies with the FAST program have described the latter feature with a neologism: Orgware, i.e. all human and institutional factors which render intelligent and efficient the use of the technical system by the user.

⁸³ Dobrov, G. M. (1979): Organisationstechnologie als Gegenstand der Systemanalyse. Teil 1: Grundsatzfragen und Teil 2: Aspekte und Ebenen der Organisationstechnologie. In: *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe, Heft 5, S. 613-622 und S. 675-684.*

erreichen. Sie soll die Einbettung der Hard- und Software in den sozialen Kontext, die Reintegration der formalen Operationen in die Komplexität der menschlichen Arbeitsprozesse, in die soziale (betriebliche) Organisation als Ganzem gewährleisten.

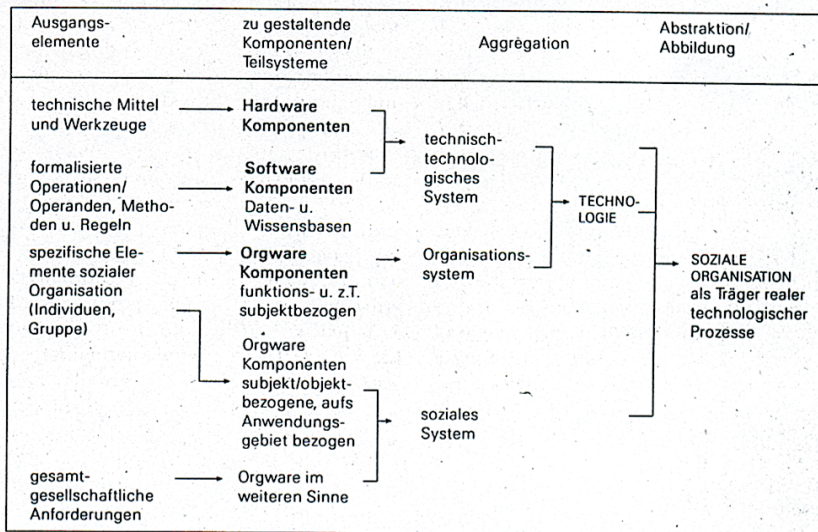


Abbildung 11: Komponenten eines (sozial bestimmten) technologischen Systems – in Anlehnung an die Darstellung des Orgwarekonzepts durch die Prognosegruppe der Europäischen Wirtschaftsgemeinschaft FAST^{84,85,86,87}

⁸⁴ FAST-Report: The Future Begins with Projects, FAST-Report: „FAST Fore casting and Assessment in Science and Technologie“ *Le Programme FAST II (1984-1987) Perspective et évaluation de la science et de la technologie, Synthèse Des Résultats, First Draft.*

⁸⁵ Ongoing studies with the FAST program have described the latter feature with a neologism: Orgware, i. e. all human and institutional factors which render intelligent and efficient the use of the technical system by the user.

⁸⁶ Dobrov, G. M. (1979): Organisationstechnologie als Gegenstand der Systemanalyse. Teil 1: Grundsatzfragen und Teil 2: Aspekte und Ebenen der Organisationstechnologie. In: *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe, Heft 5, S. 613-622 und S. 675-684.*

⁸⁷ Fuchs-Kittowski, K. (1979): Wechselbeziehungen zwischen Automat und Gesellschaft – zu Strategien des Einsatzes der automatisierten Informationsverarbeitung als Rationalisierungs- und Erkenntnismittel. In: *Wiss. Zeitschrift der HUB, Math.-Nat. Reihe, 5, S. 707-718*; Dobrov, G. M. Organisationstechnologie als Gegenstand der Systemanalyse. Teil I: Grundsatzfragen und Teil 2: Aspekte und Ebenen der Organisationstechnologie. In: *Ebenda, S. 613-622 und S. 675-684.*

4 Einheit von Informationssystem-, Arbeits- und Organisationsgestaltung

4.1 Erweiterung des Gegenstandes der Informationssystemgestaltung

Die internationalen Bemühungen führten zu einer schrittweisen Erweiterung des Gegenstandes der Informationssystemgestaltung.

...bis 70er Algorithmenorientierung	...Ende der 70er Nutzenorientierung	...80er Arbeitsgestaltung	Ende der 80er, 90er – und darüber hinaus Informationsgestaltung und Software-entwicklung, Arbeits- und Organisationsgestaltung
Funktionalität	Handhabung	Software-Ergonomie	Organisationsinformatik
Softwareentwurf - korrekt - effizient - zuverlässig Faktor: Mensch als Informationsverarbeiter	Softwareentwurf - korrekt - effizient - zuverlässig aber auch die Aufgaben angemessen nutzenfreundlich Neuer Faktor: Mensch / Nutzer	Softwareentwurf Schnittstellengestaltung - IFIP-Modell - DIN 66234 T8 Neuer Faktor: Mensch / Arbeitsaufgabe	Auswahl aus einem Technologiepotential - Kommunikation - Qualifikation - Persönliche Idententwicklung - fördernde Arbeits- u. Organisationsgestaltung Neuer Faktor: Organisation
Leitbild Maschine	Leitbild Mensch-Computer-Dialog	Leitbild Werkstatt	Leitbild kooperative Arbeitsform / Kooperationsmedium
Leitlinie Identifizierung der Informationsverarbeitung	Leitlinie Komplexität der Informationsverarbeitung	Leitlinie Stufenkonzept der Information	Leitlinie Kooperationskonzept der Informationsverarbeitung, Selbstorganisation / Informationsentstehung

Abbildung 12: Entwicklung der Leitlinien für den Einsatz der modernen Informationstechnologien in sozialer Organisation sowie der Leitbilder für die Informationssystemgestaltung und Softwareentwicklung in Anlehnung an Susanne Maaß⁸⁸

Abbildung 12 zeigt Leitlinien (Paradigmen) die für die verschiedenen Phasen des Informations- und Kommunikationstechnologie-Einsatzes charakteristisch waren (Vgl. ⁸⁹). Sie zeigt weiterhin den Wechsel an Leitbildern für die Infor-

⁸⁸ Maaß, S. (1994). Maschine, Partner, Medium, Welt... – Eine Leitbildgeschichte der Software-Ergonomie. In: Hellige, H. D. (Hrsg.), *Leitbilder der Informatik – und Computerentwicklung, Tagung der GI-Fachgruppe „Historische Aspekte von Informatik und Gesellschaft“ und des Deutschen Museums, München, 4.-6.10.1993, Tagungsband, artec paper 33, Bremen.*

⁸⁹ Fuchs-Kittowski, K. (2006): Grundlinien des Einsatzes der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien in der DDR. Wechsel der Sichtweisen zu einer am Menschen orientierten Informationssystemgestaltung. In: Naumann, F. & Schade, G. (Hrsg.), *Informatik in der DDR – eine Bilanz, GI-Edition, Bonn, S. 55-70.*

nationssystemgestaltung und Softwareentwicklung, wie er von S. Maab herausgearbeitet wurde, aber zeitlich etwas früher datiert. Sie hat die Herausbildung der Disziplin Softwareergonomie im Auge. In einer Zusammenkunft mit J. Weizenbaum und weiteren Vertretern der Organisation „Computer Scientists for social Responsibility“ in Massachusetts Institute of Technology (MIT) wurde offen darüber diskutiert, warum in den skandinavischen Ländern und bei uns diese Fragestellungen, die auch für den Computereinsatz in den USA als wichtig angesehen wurden, früher angegangen wurden. Dies wurde auf die europäische Kultur, insbesondere auf die Stärke der Gewerkschaften, das in der Bundesrepublik unter W. Brand eingeleitete Programm zur Humanisierung der Arbeit, sowie auf die in der DDR hierfür offensichtlich günstige Vergesellschaftung der Produktionsmittel und den daraus resultierenden Produktions- und Organisationsverhältnissen, zurückgeführt. Für die DDR wurde darüber hinaus die hohe Entwicklung der Arbeitsmedizin und Arbeitspsychologie geltend gemacht. In den USA wurde das Thema „Computer Science und Gesellschaft“ mit besonderer Gewichtung der Organisationstheorien, insbesondere von Rob Kling (dem amerikanischen Vertreter in der Arbeitsgruppe 1 „Computer und Arbeit“ des TC9 der IFIP) als eigener Studiengang an der University of California Irvine vorangetrieben. Auch das Thema Partizipation wurde dann aufgegriffen, mit der besonderen Betonung, dass es sich ökonomisch auszahlt. Eine Tatsache, die wir uns auch in der DDR, durch Untersuchungen unserer Studenten, von den Betriebsleitungen wiederholt bestätigen ließen. Denn Nutzerpartizipation erhöht die Akzeptanz der Projekte und verringert dadurch wesentlich die Gefahr eines Scheiterns.

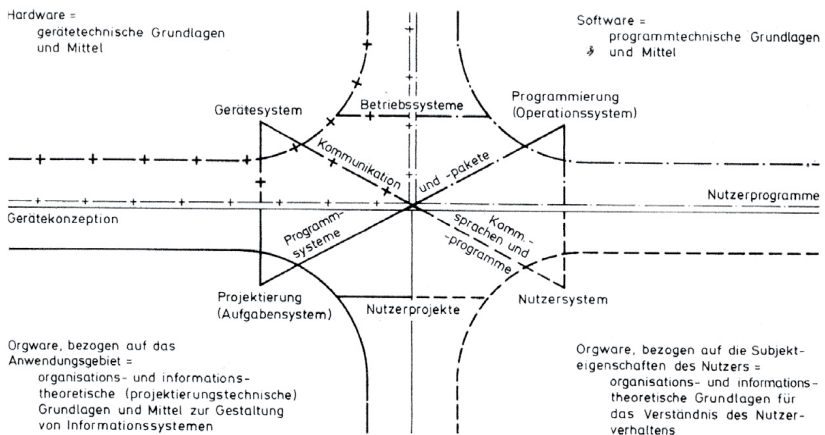


Abbildung 13: Wechselbeziehungen zwischen den Teilsystemen der Informationsverarbeitung

Die schrittweise Erweiterung der von der Informationssystemgestaltung zu berücksichtigenden Bereiche machte klar, dass es gerade die nicht-technischen Komponenten sind – speziell das Nutzersystem – die besondere Beachtung finden müssen.

4.2 Zur Entwicklung und Diskussion der Vorgehensmodelle

Die zunehmenden Anforderungen an interaktive Anwendungssysteme führten gegen Ende der 60er Jahre dazu, dass von der „Softwarekrise“ gesprochen wurde. Es wurde deutlich, dass nicht nur den Programmen eine definierte Struktur unterlegt werden muss, sondern auch der gesamten Informationssystemgestaltung und Softwareentwicklung. Es entstand ein Vorgehensmodell, welches als Wasserfallmodell bekannt wurde. Dem Wasserfallmodell des Projektierungsverlaufes liegt die Annahme eines strengen Determinismus, das Bild einer geschlossenen Welt zugrunde.

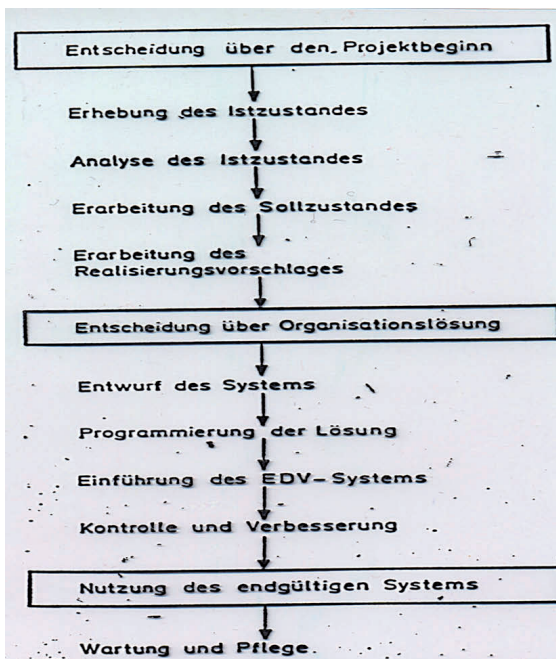


Abbildung 14: Phasenmodell

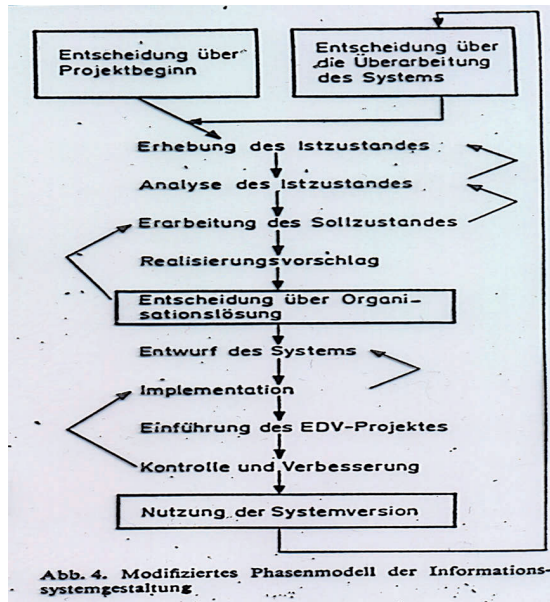


Abbildung 15: Wasserfallmodell

In Berlin⁹⁰ Ost und West, wurde über eine Veränderung des Vorgehensmodells diskutiert. (Vgl. Abbildungen 16⁹¹ und 17).

Unter der Bezeichnung STEPS⁹² wurde von C. Floyd und Mitarbeitern ein evolutionäres Projektmodell für die Softwareentwicklung konzipiert und praktisch erprobt. Es wird dabei davon ausgegangen, dass Software nur in enger Zusammenarbeit mit den Nutzern in aufeinander folgenden Versionen geschaffen, erprobt und weiterentwickelt werden kann⁹³.

⁹⁰ Fuchs-Kittowski, K. (2004): Der verantwortbare Computereinsatz – oder das kann einem nur in Wien passieren. In: Bleek, W.-G. (Hrsg.), *Softwaretechnik im Kontext – Schritte und Spuren, Dokumentation des Festkolloquiums vom 20. Juni 2003, Fachbereich Informatik, Universität Hamburg*.

⁹¹ Fuchs-Kittowski, K. (1988): *Wiss. Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin. R. Ges. Wiss.* 37 (1).

⁹² Floyd, C.; Mehl, W.-M.; Reisin, F.-M. & Wolf, G. (1988): Projekt PETS – Partizipative Entwicklung transparenzschaffender Software für EDV-gestützte Arbeitsplätze. *Technische Universität Berlin Forschungsgruppe Softwaretechnik, Berlin*.

⁹³ Floyd, C. (1997): Outline of a paradigm change in software engineering. In: Bjerkne, G.; Pelle, E. & Kyng, M. (Hrsg.), *Computer and Democracy – a Scandinavian Challenge*, Aldershot, Hampshire, Dower Publishing Company, S. 192-210.

Es ist interessant festzustellen, dass das Spiralmodell von Boehm, die Ergebnisse des Projekt PETS – Partizipative Entwicklung transparenzschaffender Software für EDV-gestützte Arbeitsplätze von C. Floyd und Mitarbeiter sowie unser Artikel mit dem Hinweis auf die prototypische Vorgehensweise in der Wissenschaftlichen Zeitschrift der Humboldt-Universität, alle im Jahre 1988 erschienen sind. Wie auch weitere Arbeiten^{94,95} zeigen, war international die Zeit für diesen Paradigmenwechsel herangereift. Dies zeigt jedoch zugleich auch, dass er aufgrund des vorherrschenden Paradigma der funktionalen Dekomposition, eines technizistischen Weltbildes international relativ spät vollzogen wurde.

Vergleicht man das Schema in Abbildung 16 mit dem Schema von STEPS in Abbildung 17, so sind auch Unterschiede zu sehen.

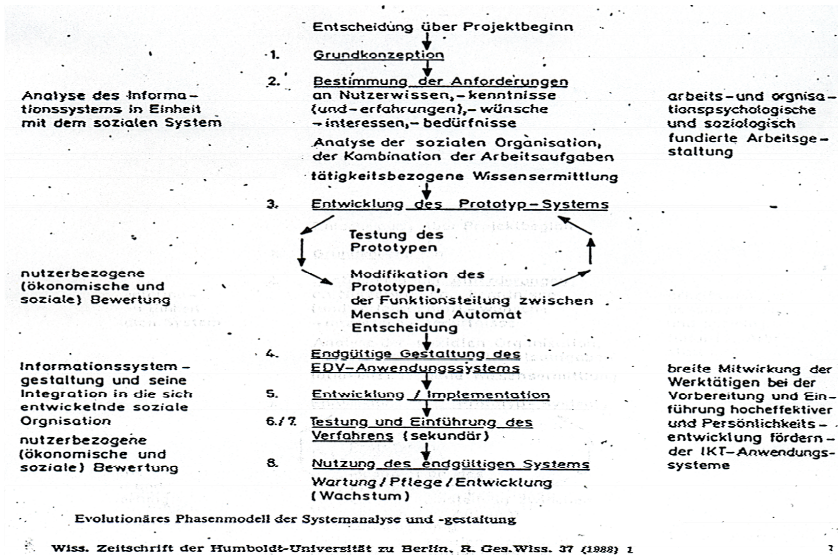


Abbildung 16: Evolutionäres Projektmodell der Systemanalyse und -Gestaltung – aus der Diskussion um STEPS, Humboldt-Universität zu Berlin 1988

⁹⁴ An der HU Berlin wurde von Günther Bauer das so genannte Ontogenese-Modell entwickelt. Ontogenese durchaus im Sinne der individuellen Entwicklung eines Projekts. Bauer, G. (1989): „Grundlagen der Software-Technologie“. Informatik-Skripten 9, Humboldt-Universität zu Berlin Organisations- und Rechenzentrum.

⁹⁵ Siehe auch Vortrag von G. Bauer auf dieser Tagung.

onsentwicklung: „IMPACT“⁹⁹ erarbeitet, welche das aus der Perspektive des Software-Engineering formulierte Vorgehensmodell STEPS integriert (siehe Abbildung 18¹⁰⁰).

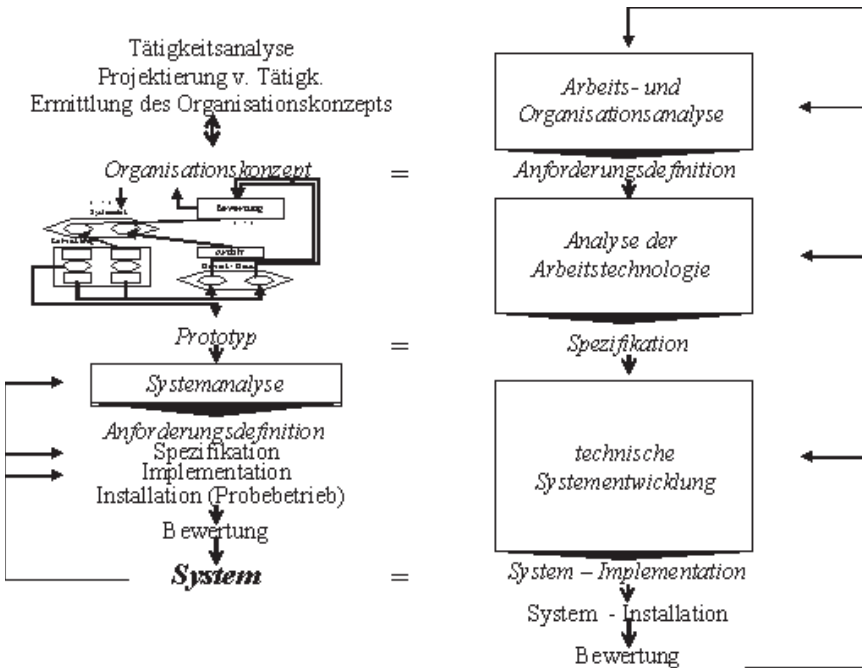


Abbildung 18: Vorgehensweise bei der Informationssystemgestaltung und Softwareentwicklung unter Berücksichtigung der Organisationsanalyse

In der STEPS-Methodik (siehe Abbildung 17) wird vorrangig auf die Entwicklung des technischen Artefaktes hingewiesen. Der mit jeder weiteren Aktivität

⁹⁸ Hier sei auf die Arbeit von Margit Falck in „Sichtweisen der Informatik“ und in Informatik und Gesellschaft u. a. Spektrum, S. 255-256 verwiesen, an die heute verschiedentlich, u. a. von A. Rolf und B. Pape, angeknüpft wird.

⁹⁹ Falck, M. (1990): IMPACT – ein Methodenansatz zur interessengeleiteten Systemgestaltung in sozialen Organisationen. In: Hergerner, J. & Katzikides, S. (Hrsg.). *Die Formierung der Interessen – Europäische Sozialwissenschaftliche Schriften*, Bd. 2, Wien.

¹⁰⁰ An Margrit Falck soll an dieser Stelle besonders gedacht werden, denn sie verstarb nach schwerer Krankheit im Oktober 2007. Im Gedenken an sie vergibt die Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin, an der sie zuletzt gearbeitet hat, seit 2008 den „Margrit-Falck-Gedächtnispreis“.

zugleich auftretende organisatorische Entwicklungsprozess wird nicht genügend erfasst, schreibt Volker Wulf¹⁰¹.

4.3 Methodische Struktur der nutzerbezogenen Systemgestaltung

Es wurde, wie unter anderem auch auf dem IFIP-Computer-Weltkongress in San Francisco 1989 dargelegt, die Notwendigkeit des Übergangs von einer technisch-technologischen zur sozio-technischen Strategie und darüber hinaus zu einer aktionalen – auf Produktivitäts- und Persönlichkeitsentwicklung orientierten – Gestaltungsstrategie und der Nutzermitwirkung als Basisstrategie herausgearbeitet¹⁰².

Abbildung 19 zeigt die methodische Struktur der nutzerbezogenen Systemgestaltung, wie sie im Bereich „Systemgestaltung und automatisierte Informationsverarbeitung“ entwickelt worden war¹⁰³ und nach der Wende 1989 auf der ersten gemeinsamen Zusammenkunft der Berliner Informatiker an der Technischen Universität Berlin vorgestellt wurde¹⁰⁴.

¹⁰¹ Wulf, V. (1994): Anpassbarkeit im Prozess evolutionärer Systementwicklung. *GMD-Spiegel* 24, S. 41 – 46.

¹⁰² Fuchs-Kittowski, K. & Falck, M. (1989): Information System Design and Design of Work and Organization – Necessity for Widening the Socio-Technical to an Actional Approach. In: Ritter, G. X. (Hrsg.): *Information Processing 89, Proceedings of the 11th World Computer Congress, San Francisco, USA. Amsterdam: North-Holland*, S. 269–270.

¹⁰³ Zur Vorbereitung der Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien wird zunächst eine Organisationsanalyse erforderlich, bei der die Organisation in Teilsysteme zerlegt wird. A. Rolf und B. Pape verweisen bei diesem auch von ihnen vertretenen Gedanken auf Arbeiten von M. Falck in „Sichtweisen der Informatik“ und in „Informatik und Gesellschaft“.

¹⁰⁴ Berliner Kolloquium Humboldt-Universität, Technische Universität. Professoren der Informatik berichten über ihre Forschung und Lehre Mittwoch, 25 April 1990 Technische Universität Berlin, Donnerstag, 26, April 1990, Humboldt-Universität zu Berlin.

Strukturelemente	Gestaltungsebenen		
	Gesell. Organisation	Technologie	Technik
Gestaltungsinhalt - sachbedingt - technisch bedingt	Organisationskonzept - Arbeitsteilung in Organisationen - Funktionsteilung zw. Mensch und Maschine	Prototyp d. Systems - Funktionskonfigu- ration - Schnittstellenkon- zept	System - Struktur der Operationen - Ein-/Ausgabe u Datenstruktur
Methodologische Instrumentarien	Arbeits- und Organisa- tionsgestaltung	sozio-tech. Techno- logiegestaltung	Software Engineering
- Mittel und Methoden der Entwicklung	- Analyse und Projektg von Tätigkeiten - Kommunikationsmethoden	- Prototyping - Softwareergonomie	- Systemanalyse - aufgaben- u. daten- orientierte Methoden
- Mittel und Methoden der Bewertung	- soziol. u. arbeitswiss. Analysemethoden - sozial-ökonom. Kriteriensysteme	- Softwareergonomie u. arbeitswiss. Normen u. Testverfahren	- Funktions- u. Leis- tungsprüfung nach Qualitätskriterien für Software
Partizipation	Kommunikation unter allen Beteiligten	Nutzer-Entwickler-Dialog oder Nutzer konsultativ beteiligt	Nutzer konsultativ beteiligt oder durch ein Nutzerbild ersetzt

Abbildung 19: Methodische Struktur der nutzerbezogenen Systemgestaltung

Bei dieser Methodik wird von der Einheit von Entwerfen und Nutzen von der strukturellen Kopplung von IT-Entwicklung und IT-Nutzung ausgegangen. Der Systementwurf ist ein zyklischer Prozess zwischen den Informationssystemgestaltern, den Softwareentwicklern und Nutzern. Wie auf der untersten Ebene des Schemas dargestellt wird, erfolgt bei einer partizipativen Systemgestaltung eine intensive Kommunikation zwischen allen am Gestaltungsprozess Beteiligten. Entwerfen und Nutzen gehen ineinander über.

Zu den Strukturelementen gehören außer den Mitteln und Methoden zur Entwicklung auch die Mittel und Methoden zur Bewertung. Dabei wird speziell auf die arbeitswissenschaftlichen Analysemethoden verwiesen, die zu diesem Zeitpunkt von Hacker¹⁰⁵, Ulich¹⁰⁶ und Volpert¹⁰⁷ für den Informations- und Kommunikationstechnologie-Einsatz entwickelt worden waren.

¹⁰⁵ Hacker, W. & Richter, P. (1980): Psychologische Bewertung von Arbeitsgestaltungsmaßnahmen – Ziele und Bewertungsmaßstäbe. In: v. Hacker, W., *Spezielle Arbeits- und Ingenieurpsychologie in Einzeldarstellung, Lehrtext*, Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften; Rudolph, E.; Schönfelder, E. & Hacker, W. (1987): Tätigkeitsbewertungssystem – Geistige Arbeit TBS-GA. Psychodiagnostisches Zentrum der Humboldt-Universität zu Berlin, Sektion Psychologie der Humboldt- Universität zu Berlin.

Es werden verschiedene Gestaltungsebenen unterschieden: Die Ebene der gesellschaftlichen Organisation, die der Technologie und die der Technik. Man beginnt mit der sach- und technisch bedingten Organisationsgestaltung, der Arbeitsteilung in der Organisation und Funktionsteilung zwischen Mensch und Maschine. Schon diese Ebene ist in den Zyklus „Entwerfen und Nutzen“ einbezogen. Zum einen wird die Technologieentwicklung verfolgt, und IT-Produkte werden gekauft oder entwickelt und in der gestalteten Organisation eingesetzt. Zum anderen wird die Organisationsentwicklung verfolgt und dazu passende technische Entwicklungen realisiert.

Nach dem Vortrag auf der Zusammenkunft der Berliner Informatiker an der Technischen Universität, kam ein Kollege von der TU, D. Siefkes, auf mich zu und sagte: „Es hätte selten jemand ihm wissenschaftlich so sehr aus dem Herzen gesprochen.“ Es war eine Atmosphäre des Aufbruchs und der großen Hoffnung nun gemeinsam noch bessere Leistungen erbringen zu können. Auch wenn die wissenschaftlichen Beziehungen mit C. Floyd und A. Rolf in Hamburg, mit L. J. Heinrich und C. Stary in Linz, R. Wilson und Flegel in Baltimore, V. Brannigan in Washington und nicht zu letzt mit J. Weizenbaum, W. Steinmüller, B. Lutterbeck und W. Coy in Berlin, wie diese gemeinsame Tagung deutlich beweist, auch persönlich erhalten und neue aufgebaut wurden^{108,109} so ist doch die abschließende Feststellung von K. Rosenwald leider richtig: „Mit großem Bedauern stellen die anderen Schulen und die IFIP das durch einen politischen Eingriff in die wissenschaftliche Freiheit verursachte jähe Ende der gesamten Berliner Schule fest.“¹¹⁰

¹⁰⁶ Ulich, E. (1980): Subjektive Tätigkeitsanalyse als Voraussetzung autonomorientierter Arbeitsgestaltung. In: *Beiträge zur psychologischen Arbeitsanalyse. Schriften zur Arbeitspsychologie. Band 13.* Hrsg. v. F. Frei u. E. Ulich. Bern: Huber. S. 327-347.

¹⁰⁷ Volpert, W.; Oestreich, R.; Gablenz-Kolakogvic, S.; Krogoll, T. & Resch, M. (1983): Verfahren zur Ermittlung von Regulationserfordernissen in der Arbeitstätigkeit (VERA). Analyse von Planungs- und Denkprozessen in der industriellen Produktion. Köln: Verlag TÜV Rheinland.

¹⁰⁸ Wolf, B.; Fuchs-Kittowski, K.; Klischefski, R.; Möller, A. & Rolf, A. (1999): Organisationstheorie als Fenster zur Wirklichkeit. In: Becker, J.; König, W.; Schütte, R.; Wend, O. & Zelewski, S. (Hrsg.), *Wirtschaftsinformatik und Wissenschaftstheorie – Bestandsaufnahme und Perspektiven*, Gabler Verlag, Wiesbaden.

¹⁰⁹ Fuchs-Kittowski, K.; Heinrich, L. J. & Rolf, A. (1999): Information entsteht in Organisationen – in kreativen Unternehmen – wissenschaftstheoretische und methodologische Konsequenzen für die Wirtschaftsinformatik. In: Becker, J.; König, W.; Schütte, R.; Wend, O. & Zelewski, S. (Hrsg.), *Wirtschaftsinformatik und Wissenschaftstheorie – Bestandsaufnahme und Perspektiven*, Wiesbaden: Gabler Verlag.

¹¹⁰ Rosenwald, K. (1992): Methodische Probleme der Nutzerorientierten Informationssystemgestaltung. *Diplomarbeit, Fachbereich Wissenschaftsorganisation, Humboldt-Universität.*

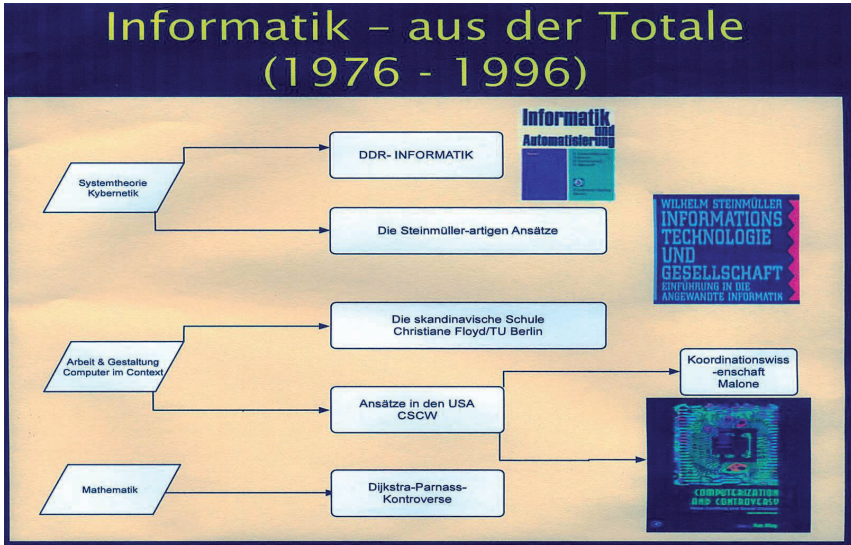


Abbildung 20: Informatik aus der Totale (1976 – 1996) von B. Lutterbeck

B. Lutterbeck ist in seiner Brückenvorlesung eine gute Darstellung der Diskontinuität, aber auch der Kontinuität der Entwicklung in der Informatik gelungen, indem er unser Buch: „Informatik und Automatisierung“, das Werk von W. Steinmüller „Informationstechnologie und Gesellschaft“ und das von R. Kling, „Computerization and Controversy“¹¹¹ in eine Entwicklungslinie stellt.

Widmung

Diese Arbeit widme ich meinen kreativen Kollegen des Bereiches Systemgestaltung und automatisierte Informationsverarbeitung der Sektion WTO der Humboldt-Universität zu Berlin. Dies im Gedenken an die zu früh verstorbenen Kollegen des Bereichs: Prof. Dr. Margrit Falck, Dr. Ursula Schuster, Prof. Dr. Reiner Tschirschwitz und Prof. Dr. Bodo Wenzlaff.

¹¹¹ Kling, R. (1995): Computerization and Controversy: Value Conflicts and Social Choices. 2nd Ed., San Diego: Academic Press.

Der unerschöpfliche Fundus der Informatik in der gesellschaftlichen Evolution

Incentive-Vortrag

MICHAEL ROTH

prof.roth@roth24.de

Der vorliegende Beitrag geht von einem generalisierten Verständnis des Begriffs „Computer und Gesellschaft“ aus und legt dazu eine „offene Informatik“ als reale und virtuelle Systemkategorie zugrunde. Einerseits ist sie verallgemeinert Computer-Software. Andererseits ist sie eine hoch differenzierte Computer- und Geräte-Firmware. Dabei wird eine allumfassende Entwicklung konstatiert, die sich durch ein starkes Eindringen der offenen Informatik in zahllose physische und virtuelle Technologien und Produkte ausweist. Mit diesem Eindringen vollzieht sich seit einem dreiviertel Jahrhundert eine faszinierende technologische und multimedial-technosoziale Evolution in der menschlichen Gesellschaft. Diese – ganzheitlich gesehen – „horizontale Evolution“ ist geprägt durch „vertikaler Evolution“, der Entstehung neuer Arten. In der interaktiven symbiotischen Verflechtung von „Stoff, Energie und Information“ sind die Evolution-Ressourcen von „Rohstoffen und Rohenergien“ hochkritisch begrenzt. Dagegen erscheint die Evolutions-Ressource „mentale Information“ als absolut unerschöpflich. Dieser Fundus wird in Zukunft mit jeder Weiterentwicklung der „medial-offenen Informatik“ notwendigerweise immer größer und vielfältiger ...

1 Die physikalisch/elektronischen Fundamente der Informatik: Informationsspeicher, Prozessoren, Displays und Chip-Hardware-Netze

Das „technische Bit“, eine grundlegende Erfindung von Konrad Ernst Otto Zuse im Jahre 1936 [18], ist die höchstgradige Determiniertheit einer materiellen Identität. Sie erstreckt sich von der absolut kleinsten bis zur absolut größten Komplexität ihrer singulären Identität und ihrer organismischen Vernetzung zu realen wie virtuellen Körperschaften.

Das „binäre Beschreibungselement Bit“ ist aber nicht nur ein „digitaler Schaltzustand ein-aus“ eines mechanischen, elektrischen oder elektronischen Bauelementes beliebiger Art, sondern zugleich und weit darüber hinaus das „elementare Code-Zeichen 0~1“, die einzigen „Buchstaben“ der Sprachen beliebiger virtueller Maschinen. Es hätten auch würdevoll „ $\alpha \sim \omega$ “ sein können.

In der entsprechenden ganzheitlichen Bedeutung haben sich in der jüngsten Geschichte die Bauelemente und Systeme der offenen Informatik geradezu gigantisch entwickelt.

- *Diskrete Schaltelemente*: mechanische Schalter 1938, elektrische Relais 1941, Elektronenröhren 1946, Transistoren 1951, integrierte Schaltkreise 1964
- *Integrierte Schaltkreise (Gatterbasis)* [8]: SSI Small Scale Integration > 10, MSI Medium Scale Integration > 100, LSI Large Scale Integration > 1.000, VLSI Very Large Scale Integration > 10.000, ULSI Ultra Large Scale Integration > 100.000, SLSI Super Large Scale Integration > 1.000.000, ELSI Extra Large Scale Integration > 10.000.000, GLSI Giant Large Scale Integration > 100.000.000 bis 1.000.000.000

Diese fundamentalen technischen Grundlagen von Informationsspeichern und informationsverarbeitenden Prozessoren sind hochstabile Silizium-Einkristalle, magnetisch dünne Schichten und LCD-Displays, gefertigt in höchstproduktiven Technologien. Sie übertreffen heute die einst nicht denkbare, unerhörte Leistung der Prozessor-Arbeitsgeschwindigkeit im Jahre 2010 von 100 Gbit/sec und in der Speicherkapazität von 4 TByte pro Festplatte [7].

Als einen außerordentlichen Erfolg der physikalischen Forschung muss man die Riesenmagnetowiderstands-Nano-Speicher, das Prinzip „Giant Magnetoresistance, GMR“ bewerten, das 2007 mit dem Nobelpreis der Physik, Peter Grünberg, Deutschland, und Albert Fert, Frankreich, hohe Anerkennung gefunden hat [9]. Alle Giga- und Teraspeicher der Gegenwart nutzen dieses Prinzip [7].

Die integrierte, hoch- und höchstintegrierte Schaltungstechnik ist in zwei grundlegend verschiedenen Applikationslinien zu unterscheiden:

1.1 Eingebettete Spezial-Schaltungstechnik

Die „eingebettete Spezial-Schaltungstechnik“ (embedded specific systems) legt ein Konglomerat stark vernetzter integrierter Funktionsgruppen zugrunde. Sie realisieren Online- und Realtime-Prozesssteuerungen in Geräten, Anlagen und Einrichtungen programmgemäß. Dazu gehören im Prinzip auch Code-Chipkarten.

Die eingebettete Schaltungstechnik ist in ihren Online-Realtime-Verbindungen unmittelbar mit den zu steuernden Prozessen der Geräte und Anlagen verbunden. Sie ist aber auch gleichzeitig vernetzt mit ihrer speziellen Umwelt sowie mit den spezialisierten Bedienelementen. Die verschiedenen, meist willkürlich angepassten Sprachbegriffe dieser Einrichtungen, z. B. Werkzeugmaschinen oder Waschmaschinen bis zur multimedialen Welt erinnern an die

Sprachverwirrung beim Turmbau zu Babel (AT Gen 11). Die Schaffung einer multimedialen Weltsprache ist überfällig.

Mit der unmittelbaren funktionellen Zusammenschaltung unterschiedlichster Identitäten von „Stoff – Energie – Information“ zu einer „ganzheitlichen maschinellen Identität“ wird eine fundamentale Weichenstellung der Artefakte in ihrer vertikalen Evolution vollzogen. Damit ist es grundsätzlich möglich, dass technische Systeme des Menschen zur Wahrnehmung irgendeiner Arbeits-Bedien-Funktion nicht mehr bedürfen. Der Mensch hört damit tendenziell – insbesondere in der materiellen Produktion auf –, ein notwendiger Bestandteil von Maschinen zu sein.

1.2 Integrierte Computer-Schaltkreistechnik

Die „integrierte Computer-Schaltkreistechnik“ (open universal systems) strebt im Gegensatz dazu an, ein Konglomerat hoch- und höchstkomplexer integrierter Funktionsgruppen als universelle Computer zu schaffen, um damit eine möglichst umfassende Trennung ihrer Architektur in zwei Welten „reale Struktur und Funktion“ und „virtuelle Struktur und Funktion“ zu erreichen.

Diese absolute Transformation aus der Struktur und Funktion der Elektronik in eine „virtuelle Funktionalität“ zerlegt die reale Computer-Architektur in zwei dominante Systembestandteile: die Hardware und die Software. Diese Transformation über die Firmware als Brücke ist also fundamental.

Mit der informatischen Kategorie „Software“ existiert nun eine neue Daseinsweise der Welt. Es ist die „Welt virtueller Maschinen“, die miteinander in der Vernetzung von Computern lokal, regional und global in Institutionen, Unternehmen, in Schulen, im Öffentlichen Dienst usw. allein über das universelle Medium Software kommunizieren.

2 Die Architekturen von „Informationskörpern“ in Struktur und Funktion mit ihrer Trennung von Hardware und Software

Findet man die größte Anwendungsvielfalt der offenen Informatik in speziellen Geräten und Anlagen in der zweckgebundenen Einheit von Stoff, Energie und Information, so findet man die weitaus größte Mächtigkeit der offenen Informatik als Computer-Software.

Es ist ein Beleg der Genialität von Konrad Zuse, dass er mit der Erfindung des „Plankalküls“ in den Jahren 1942/46 durch eine alphabetische Notation von Computerbefehlen eine „abstrakte Computersprache“ entwickelt hat. Damit war die erste „höhere Programmiersprache“ zu einer effektiven Entwicklung von Software formuliert.

Mit den weltweit entstandenen universellen Programmiersprachen wurde immer mehr gewährleistet, dass die Anwendersoftware durch die universellen

Prozessor-Betriebssysteme – eingebettet in der I/O- und Speicherausstattung – von der gesamten Computer-Firmware unabhängig ist. Das heißt, Struktur und Funktion der Anwenderprogramme und Struktur und Funktion des Computersystems sind „eigene Identitäten“.

Es ist nicht vorhersehbar oder gar vorwegnehmbar, welche Art der geistigen Identität sich in der Evolution der mentalen Informatik hierbei herausbilden wird. Die Kategorie der menschlichen Intelligenz ist viel zu unscharf und viel zu sehr einzigartig auf das „biologische Wesen“ des Menschen begründet.

In der vertikalen Evolution gibt es das Phänomen der Konvergenz, dass sich eine Identität durch eine gleiche Identität als „Arten“ ähnelnd wiederholt. Dies geschieht jedoch unabhängig als Anpassung an ähnliche Umweltbedingungen. Die Entstehung einer künstlichen Intelligenz – allein als Nachahmung der menschlichen Intelligenz – ist jedoch – wenn auch partiell durchaus nützlich – im ganzheitlichen Wesen absurd.

So erscheint auch der Intelligenztest von Alan Mathison Turing 1950 eindeutig irreführend [16]:

Ein kompetenter Prüfer gibt Sachfragen an einen Computer und zugleich an eine Testperson. Aus dem Ergebnis des Intelligenztests schließt der Prüfer, wer der Mensch und wer der Computer ist. Hat der Computer ein gleichwertiges Denkvermögen in den vorgegebenen Sachfragen angezeigt, so ist er intelligent. So simpel ist also die Lösung?

Eine sehr interessante und ganz andere Methode, Intelligenz des Menschen als künstliche Intelligenz (KI) zu imitieren, war ein entsprechend präpariertes Gesprächsprogramm „ELIZA“ über die persönliche emotionale Empfindlichkeit der „Mensch-Computer“-Beziehung vom KI-Pionier Joseph Weizenbaum 1966 [17].

Dieses Experiment hat eine große Bedeutung für einen tatsächlichen Mensch-Maschine-Dialog am Computer, der trotz der enormen Fortschritte in der Computertechnologie bisher zu einem Dialog in der natürlichen Sprache nicht befriedigend in der Lage ist.

Von großer Bedeutung sind die Expertensysteme in der Nutzung von Verfahren des logischen Schließens mit Hilfe von „Entscheidungsbäumen“ in komplexen Datenverflechtungen wie sie Fachexperten in ihrem Arbeitsgebiet anwenden. Die Nutzer eines Expertensystems haben genau diesen Gewinn: die Herangehensweise, das Erfassen und das Schlussfolgern von anerkannten Fachspezialisten zu begreifen, um ihre Problemwelt strenger zu durchdringen, nachzuvollziehen und zudem eigene Entscheidungen zu begründen und zu belegen.

3 Die Evolution der technischen und technosozialen Systeme in der Gesellschaft

In der „Ersten Natur“, das heißt, der anorganischen und organischen Natur, vollzieht sich ein umfassender, langzeitlicher, permanenter Prozess der Werdung durch selbstorganisierte „Replikation, Variation und Selektion“. In der „Zweiten Natur“, das heißt, der ganzen Gesellschaft mit der vom Menschen geschaffenen, fremdorganisierten Natur, vollzieht sich ein extrakorporaler und extramentaler „immanenter Schöpfungsprozess“. Er erfasst eine unerhörte Dynamik des iterativen Erfassens, Begreifens, Gestaltens, Wandels, Verwerfens, Erneuerns im iterativen Geschehen der Erkenntnis ohne Vollendung und ohne ein Ende.

Zahllos und phantastisch sind die Beispiele in den Naturwissenschaften und den Geisteswissenschaften, der Kultur und der Bildung, der Nahrung und der Gesundheit.

In all diesem markanten Geschehen zeichnet sich durchdringend die Technik mit all ihren Technologien und Produkten einerseits und ihren Organisationssystemen andererseits aus. Sie schafft längst und zukünftig nachhaltig eine global umfassende neuartige Welt.

Dies alles ist die „Zweite Natur“ – im objektivierten Sinne. Sie ist in der breiten horizontalen Evolution eingebettet, aber geprägt durch Säulen der vertikalen Evolution mit den dominanten „extra-korporalen und extra-mental“ Identitäten des Menschen.

Der materielle Ursprung der extra-korporalen Evolution des Menschen ist der „Faustkeil des Neandertalers“. Es ist der Anbeginn der Werkzeuggeschichte vor einer Million Jahren bis zur Gegenwart der materiellen und virtuellen menschlichen ganzheitlichen Schöpfungswerke (Artefakte) der Gesellschaft.

Der materielle Ursprung der extra-mental Evolution des Menschen, des „homo sapiens“ ist die „Höhlenmalerei des Cro Magnon“ von Lascaux in Südfrankreich. Es ist der Anbeginn der „Geistesgeschichte“ vor dreißigtausend Jahren bis in die Gegenwart, der Kultur, der Bildung der Kreativität ... der Wissenschaft.

Die extrakorporale und die extramentale Evolution des Menschen begründen die menschliche Zivilisation.

Der entscheidende Schritt aus der enormen Vielfalt technischer Systeme in die exklusiven informatischen Systeme gelang Konrad Zuse im Jahre 1936. Er durchbrach signifikant die horizontale Evolution der generellen Technik in die vertikale Evolution der „extensiven binären Informatik“ und eröffnete das „digitale Zeitalter“. Aber diese Evolution ist immer noch im Status der „algorithmischen Systeme“, das heißt, der „Turingmaschine“ verhaftet – trotz der unerhörten, hochleistungsfähigen Vielfalt der gegenwärtigen Computerausstattung und Computerapplikation.

Die gegenüber der Ersten Natur einzigartige extrakorporale Evolution des Menschen ist die Fähigkeit des Computers zur „unmittelbaren Bildausgabe“. Diese Fähigkeit als Sinnesorgan ist jeglichem Lebewesen prinzipiell vorenthalten, denn das von ihm ausgegebene Bild ist für ihn unsichtbar. Das ist ein geradezu absolutes Defizit der biologischen Evolution, das sie grundsätzlich in der Ersten Natur gar nicht überwinden kann. Dagegen ist im Ergebnis der technischen Evolution mit den Displays beliebiger Art eine mannigfaltige und geradezu faszinierende Form beliebiger Bildausgaben entstanden.

Das bewirkte, dass die Schriftsprache in der Arbeit am Display gemeinsam mit bildhaften Darstellungen gegenüber der Schallsprache die absolute Dominanz in nahezu allen Bereichen der Gesellschaft erreicht hat.

Die Erfindung des „maschinellen Buchdrucks“ von Johann Gutenberg [6] in der Mitte des 15. Jahrhunderts revolutionierte eine enorme Entwicklung der Gesellschaft, und insbesondere eine breite Bildung des Volkes. Noch viel stärker ist das Buch die Geburtsstunde der Wissenschaften, der Kultur, der Produktivkräfte, ja der Zivilisation der Völker.

Aber die „gedruckte Schrift“ ist und bleibt ein starres und absolut unbewegliches Gebilde. Ihre Zukunft ist eine Spezialität, ein besonderes Kulturgut.

Der Ursprung der universellen elektronischen Fernseh-Bildausgabe stammt von Manfred von Ardenne im Jahre 1931. Damit war ein Medium geschaffen, das nach dem ersten Computer der Welt ab 1950 als Monitor eine ungeahnte Intensität, Aktivität und Qualität statischer und beliebig bewegter zweidimensionaler und dreidimensionaler Bilder ermöglichte.

Die digitale Computerwelt hat mit der Display-Bildausgabe höchster Zoom-Qualität den Maschinen-Konstrukteuren, den Gebäude-Architekten, den Naturwissenschaftlern, den Geographen, den Astronomen u. v. a. m. Werkzeuge in die Hände gegeben, die ihre Innovationsträchtigkeit enorm steigerten. Diese gewaltige Ergiebigkeit der Displays wird bis in die ferne Zukunft tragen und weiter ansteigen.

Eine ganz besondere Bedeutung hat die offene Informatik in Bereichen und Prozessen, die für den Menschen mit seinem Sehvermögen absolut unsichtbar sind. Ein erstaunliches Beispiel ist die Kernspin-Tomographie [12], in der „bildgebenden medizinischen Diagnostik“. Bei diesem Verfahren ist es möglich, mit Hilfe von Computer-Transformationen aus den kernspintomographischen Strahlenmessungen spezifische Gewebeparameter des Körpers in Schnittbildern am Display darzustellen. Damit lassen sich die krankhaften Prozesse von den gesunden sehr genau unterscheiden, diagnostizieren und therapieren.

Für diese außerordentliche Leistung in der Erforschung und Entwicklung des Magnetresonanztomographen [10] hat der Wissenschaftler Paul Lauterburg (USA) im Jahre 2003 den Nobelpreis für Medizin und Physiologie erhalten.

Entgegen solcher gewaltiger Erfolge in zahllosen Spezialgebieten ist der Fortschritt in Geräten und Anlagen mit informatischen Fähigkeiten immer noch nicht in der Lage zu hören und zu sprechen.

Obwohl die sogenannte „natürliche Sprache“ trotz ihres spektralen Gewirrs kein grundsätzliches Problem der offenen Informatik darstellt, wird angenommen, dass dieses Anliegen keine Dringlichkeit hat. So herrscht immer noch die „Fingertip-Tastatur-Sprache“ am hochqualifizierten Computer.

Immerhin ist der Linguistik-Forschung mit der MP3-Codierung (Prof. Dr. Karlheinz Brandenburg, Fraunhofer-Institut, Ilmenau, u. a.) weltweit ein hochbeachteter Durchbruch gelungen [3].

Aber alle informatischen Maschinen sind bezogen auf einen inhaltlich relevanten Inhalt eines Gespräches übereinstimmend taubstumm! Also, man kann sich mit Ihnen überhaupt nicht unterhalten. Das aber ist ein normales, echtes Bedürfnis. Somit bleibt auch die Kardinalfrage nach der Semantik für ein Gespräch mit der Waschmaschine unbeantwortet.

Sogar allein für die Selbsterklärung eines beliebigen Gerätes – sogar des Computers in eigener Sache – erhält man vom Gerät keine Auskunft über Funktion, Bedienung oder Fehlersuche, obwohl dies mit der Display-Darstellung und dem Sprechen bestens und sehr elegant stattfinden könnte.

4 Die extrakorporale/extramentale Evolution des menschlichen Körpers und Geistes in ihrer gegenwärtigen Realität

Was hat sich – als Gesamtwertung – in den Evolutionen der Ersten und Zweiten Natur bezüglich der Informatik über die extrem unterschiedlichen Zeiträume der beiden Naturen vollzogen? Ein direkter Vergleich dieser gigantischen Prozesse erscheint sowohl in ihren Dimensionen als auch ihrer Qualitäten absolut unmöglich.

Evolution kann es weder in der Ersten noch Zweiten Natur ohne die Einheit von Stoff, Energie und Information geben. In der Ersten Natur ist diese Einheit in jeder Phase ihrer „Replikation, Variation, Selektion“ immanent. Das gewährleistet ihr von der anorganischen, der organischen bis zur biosozialen Identität die Immunität jedes „selbstorganisierten ganzheitlichen Organismus“. Die vorfindbare Realität der Ersten Natur der Gegenwart ist in ihrer Kraft der Schöpfung und Beständigkeit nur mit höchster Bewunderung zu achten, zu befördern und zu schützen.

Die Zweite Natur dagegen entsteht mit der „Einbettung“ in der Ersten Natur und in deren Abhängigkeit absolut durch die Steuerung des Menschen als „seine extrakorporale und extramentale Evolution“. Alles, was in der Zweiten Natur entsteht – im Guten wie im Bösen – ist das Werk des Menschen, ist seine Schöpfung. Es sind gigantische Leistungen oder Fehlleistungen gegen-

über den Menschen lokal oder global, gegen eine einzelne Art oder gegen die ganze Natur.

Die Werke der Zweiten Natur haben keine oder eine nur bedingte Autonomie sich zu erkennen, anzuerkennen oder gar sich zu wehren. In der unmittelbaren Werkzeugfunktion, also in der Produktion, bedurften diese Werke des Menschen als ihres Bestandteils bis in die Gegenwart der großen Industrien. Gegenüber der Ersten Natur muss man diesen Sachverhalt, der Mensch an oder in der Maschine oder in der Maschinerie eines ganzen Werkes in der abstrakten Wertung als „Naturanomalie“ bezeichnen.

Will man diesen Zustand überwinden, so heißt das, die menschlichen Werke durchgängig zu einer immanenten, funktional bestimmten Ganzheit zu wandeln. Die dazu notwendige Innovationskraft liefert – wie kein einziges anderes Mittel – die hoch ergebige, offene Informatik.

Man kann dazu symbolisch durchaus von einem bestehenden und langfristig anhaltenden „digitalen Zeitalter“ sprechen.

Während sich die Evolution der Ersten Natur – bezogen auf die Zweite Natur – äußerst langsam vollzogen hat und vollzieht, kann man die genau beurteilungsfähige Zweite Natur als äußerst dynamisch bewerten. Dazu gehört auch die extrem hohe Geschwindigkeit der höchstintegrierten elektronischen Schaltkreise im Vergleich zur „Arbeitsgeschwindigkeit“ der Neuronen. Aber der Leistungsvergleich des Computers findet nicht gegenüber dem neuronalen Netzwerk des Gehirns statt, sondern gegenüber dem Denkvorgang des Unterbewusstseins und daraus folgend des Bewusstseins – also des Geistes des Menschen. Das und nur das ist der Übergang des Menschen der Ersten zur Zweiten Natur. Allein über diese Brücke der kreativen Schöpfung vom Unbewussten zum schließenden Bewussten vollzieht sich die extrakorporale und extramentale Evolution der Zweiten Natur.

Die Evolution des Menschen wird regelgerecht als die Evolution seiner Gene verstanden. Tatsächlich aber ist die „Evolution des Geistes“ die denkende und schöpferische Identität des Menschen, die über die funktionale Tätigkeit der Gene hinaus gehen. Und diese Identität hat wesentliche und in Zukunft hoch relevante Ähnlichkeit mit der extramentalen, offenen Informatik. Wie kein anderes Organ ist das Bewusstsein in der Lage, sich nun auf ein äußeres Medium zu übertragen und mit diesem Medium stark und interaktiv zu kooperieren. Die Geschwindigkeit, mit der die geistige Evolution des Menschen der Ersten Natur als Folge der Leistungen der Zweiten Natur fortschreitet, ist exorbitant. Untrennbar davon ist die rasante Intensität der Einbettung des ganzen Menschen und insbesondere des geistigen Menschen in die extramentale Evolution der Zweiten Natur.

Das Bewusstsein – einschließlich seiner Einbettung in das kreativ dominante Unterbewusstsein – kann zu Recht den Anspruch erheben, mit den Genen seines Körpers methodisch verglichen werden. Dabei ist festzustellen, dass

sich die geistigen Prozesse des Unterbewusstseins und erst recht des Bewusstseins in ihrer Offenheit gegenüber der Allmacht der Gene fundamental unterscheiden.

In der Analogie zur „Evolution der Gene“ definierte Richard Dawkins, theoretischer Biologe/Zoologe (USA), 1976 die „Evolution der Meme“, [5]. Das heißt, für den ganzen Menschen gehört zur „Genetik des Körpers“ die „Memetik des Geistes“ mit absolut unterschiedlichen Kompetenzen.

Während Gene die körperliche Identität streng bestimmen und dazu einen erstaunlich hohen Grad der Organisiertheit besitzen, erscheinen Meme als wären Sie im „Urozean-Zustand“ ihrer Evolution. Und während der von den Genen generierte Mensch Fähigkeiten besitzt, schädliche Einflüsse mit Hilfe seines erstaunlich leistungsstarken Immunsystems abzuwehren, ist der Geist vor „mental Vieren“ geradezu ungeschützt. Und ebenso während Gene im Körper selbstreparierende Eigenschaften haben und Verletzungen oder Krankheiten heilen können, sind Meme in solchen Problemen des Geistes mit seinem Denken nahezu inkompetent.

Das heißt, der menschliche Geist befindet sich am Anfang seiner Evolution. Und die Gene des Menschen können die geistige Evolution im Zeitalter der „Wahrung der Schöpfung“ durch „Replikation, Variation und Selektion“ nicht verbessernd wandeln und schon gar nicht beschleunigen.

Das sind genau die schwerwiegenden Defizite in ihren vielfältigsten Formen, die zu einer extrakorporalen und extramentalen Evolution der Zweiten Natur seit zwei Jahrhunderten führten und immer stärker führen werden. In diesem iterativen Evolutionsprozess leistet die offene Informatik in der Gegenwart und in der fernen Zukunft grundlegende Fortschritte der Zweiten Natur.

Die Memetik ist eine faszinierende Fiktion von „Gedankeneinheiten“, die sich durch Kommunikation der Memträger replizieren und variieren können. Und auch die permanente Selektion findet statt. Aber eine ausweisbare oder nachweisbare Identität eines Mems oder gar eines Menoms ist nicht feststellbar oder gar konstruierbar.

Der menschliche Geist wird ein einzigartiges Phänomen des Menschen sein und bleiben. Er wird aber ohne Zweifel zu seiner Selbstverwirklichung das Ziel anstreben, die Evolution der Zweiten Natur immer schneller zu voranzutreiben. Die offene Informatik liefert das bedeutendste Instrumentarium und zugleich die unerschöpflichen Ressourcen für die Verwirklichung dieses Vorhabens.

Mit diesem epochalen Ziel eröffnete sich in der vertikalen Evolution der Zweiten Natur eine völlig neuartige Daseinsweise „selbst organisierter Objekte“ der „Replikation, Variation und Selektion“, die man als „reine Informati-

onskörper“ bezeichnen kann und die vermutlich einst zur Existenz einer Vielfalt von formal-rational denkenden „cyber-mental Creatures“ führt.

Im grundsätzlichen Unterschied zur „selbstorganisierten Evolution“ der Ersten Natur – mit ihrer unbegreifbar geringen Wahrscheinlichkeit ihrer Entstehung – kann man bei einer Evolution „abstrakt-virtueller Wesen“ der reinen Informationskörper davon ausgehen, dass sie nur in einem „konstruktiven Schöpfungsprozess“ eine evolutionäre Werdung vollziehen. Darüber hinaus werden reine Informationskörper eine außerordentliche Organisationsfähigkeit und Stabilität bezüglich der Entropie – im Vergleich mit biologischen Wesen – besitzen.

5 Die Gefahren der offenen Informatik-Evolution erzwingen technische und virtuelle immanente Immunsysteme

Kein „System“ in der Natur oder der Gesellschaft kann ohne ein eigenes Immunsystem existieren. Der hinreichende Schutz gegen den inneren und äußeren Zusammenbruch muss a priori generell immanent gewährleistet sein. Je größer die Erfolge eines beliebigen Systems sind, umso gefährdeter sind seine Existenz und die Existenz der von ihm beeinflussbaren Umwelt. Alle Chancen besonders einer hochdynamischen Entwicklung sind deshalb unabdingbar dem Kriterium der Falsifikation zu unterwerfen.

Während in der Ersten Natur alle Arten und Formen, anorganisch oder organisch, immanente Eigenschaften der Immunität besitzen, kann man dies von der Zweiten Natur der Gegenwart bei weitem nicht sagen.

6 Literatur und Internetquellen

- [1] http://www.radiomuseum.org/forum/manfred_von_ardenne_100_geburts-tag.html.
- [2] BECKER, A. (Hrsg.) (2003): Gene-Meme-Gehirne-Gesellschaft-Wissenschaft. *Suhrkamp Verlag*.
- [3] BRANDENBURG, K.: <http://www.elixic.de/mp3-geschichte/>.
- [4] BRODIE, R. (1996): Virus of The Mind. *Integral Press*.
- [5] DAWKINS, R. (2006): Das egoistische Gen. *Akademischer Verlag*.
- [6] <http://de.wikipedia.org/wiki/Buchdruck>.
- [7] http://www.gamestar.de/hardware/news/laufwerke/1956700/die_10_tera-byte_festplatte_kommt.html.
- [8] <http://wapedia.mobi/de/Integrationsgrad>.
- [9] http://www.fz-juelich.de/iff/d_iff_nobelpreis/.

- [10] <http://www.gesundheits-lexikon.com/Medizingeraetediagnostik/Magnetresonanztomographie-MRT-/>
- [11] NEWELL, A. & SIMON, H. A. (1972): Human problem solving. *Englewood Cliffs*.
- [12] <http://www.radiologie-hamburg-harburg.de/html/mrt-funktion.html>.
- [13] ROTH, M. (1991): Die Zweite Natur-Evolution der Techno- und Soziosphäre. *EuS Spektrum* 2, 12.
- [14] ROTH, M. (1995): Die postindustrielle Wagnisgesellschaft. *Vortrag an der Akademie für Innovation und Querdenken, Fürth*.
- [15] BIUNDO, S. U.A. (2005): Was ist Informatik? *Positionspapier der Gesellschaft für Informatik, Ulm*.
- [16] <http://www.turing.org.uk/turing/scrapbook/test.html>.
- [17] <http://interviews.fmpress.de/artikel/4065-eliza-und-die-grenzen-der-kuenstlichen-intelligenz.html>.
- [18] ZUSE, K. (1984): Der Computer – Mein Lebenswerk. *Springer-Verlag*.

Die zitierten Internetquellen wurden zuletzt am 22.08.2010 aufgerufen.

Einige Gedanken zum Bedeutungswandel des Wortes Informatik in den letzten Jahrzehnten

MANFRED BONITZ

bonitz@fzd.de

Bei dem englischen Philosophen John Locke (1632—1704) las ich einmal sinngemäß, dass Wörter Schall und Rauch seien, sie bedeuteten heute dies und morgen jenes. Das beruhigte mich seinerzeit ungemein, weil ich jahrelang verbissen dafür gekämpft hatte, Informatik in der DDR als Wissenschaftsdisziplin zu etablieren und dabei das Informatik-Verständnis der Moskauer Pioniere Michajlov, Cernyj und Giljarevskij zugrunde zu legen. Ich schrieb dazu in der DDR-Zeitschrift INFORMATIK, die sich diesen Namen zugelegt hatte, um fortan die wissenschaftlich-technische Informationstätigkeit in den Bibliotheken und Informationseinrichtungen der Betriebe zu unterstützen. Doch es kam alles ganz anders, beileibe nicht erst mit der Wende. Fragt man heute „Was ist eigentlich Informatik?“, so kommt fast beleidigt die Antwort: „Aber das weiß doch jedes Schulkind“. In der Tat, in einem modernen Schullehrbuch lesen wir, dass Informatik die Wissenschaft ist, die sich mit der automatischen Informationsverarbeitung beschäftigt und in Theoretische, Praktische sowie Angewandte Informatik unterteilt wird.

Das Anliegen meines Beitrages ist, den Bedeutungswandel des Wortes Informatik an einigen Beispielen historisch zu reflektieren. Auf meinem Tisch liegen 22 Druckerzeugnisse unterschiedlicher Art aus meiner häuslichen Bibliothek. In der Mehrzahl sind es Monografien, es gibt zudem sieben Hefte der schon erwähnten DDR-Zeitschrift INFORMATIK, ein Lexikon und eine Enzyklopädie. Die Sprachen sind Deutsch, Englisch oder Russisch, die Wörter Informatik bzw. Informatika kommen in nahezu allen Buchtiteln vor. Meine Damen und Herren, Bedeutungswandel vollzieht sich in der Zeit, ich möchte Ihnen daher meine Sammlung, die selbstverständlich nicht vollständig sein kann, nach den Erscheinungsjahren (1968—2009) geordnet vorstellen.

1 1968

- [1] MICHAJLOV, A. I.; CERNYJ, A. I. & GILJAREVSKIJ, R. S. (1968): Osnovy Informatiki. 776 S.

Ohne Zweifel das Haupt- und Anfangswerk der sowjetischen Informatik, worauf die Autoren immer stolz gepocht haben. Doch es regte sich auch Widerspruch. Dieser kam von Wissenschaftlern der Akademiefiliale im fernen No-

vosibirsk, die darauf bestanden, dass unter Informatik selbstverständlich nur Computer Science zu verstehen sei. Das Argument der Moskauer, dass sie schließlich der ersten gewesen seien, welche die Informatika „erfunden“ hätten, ließen ihre sibirischen Kontrahenten nicht gelten. John Locke lässt grüßen.

2 1972

- [2] SCHARF, J.-H. (Hrsg.) (1972): Informatik, Sammelband mit Beiträgen der Jahrestagung der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina. 720 S.

Diesem stattlichen, in blaues Leinen gefassten Band, ist zwar das Wort Informatik in goldenen Lettern aufgeprägt, aber es kommt in den Beiträgen Dutzender Autoren, darunter Konrad Zuse, Karl Steinbuch, Manfred Eigen, Friedhart Klix Ilya Prigogine, – um nur einige zu nennen, praktisch gar nicht vor. Eher spielt der Begriff Information und seine Ausdeutung die Hauptrolle.

3 1974

- [3] GILJAREVSKIJ, R. S. (1974): Informatika i bibliotekovedenie. 203 S.

Eine sehr gehaltvolle Broschüre, die durch das schon legendäre Fachwissen ihres Autors besticht.

4 1975

- [4] (1975): Enzyklopediya Kibernetiki. Kiev.

In dem Artikel Informatika steht: „Informatik ist eine wissenschaftliche Disziplin, welche die Struktur und die allgemeinen Eigenschaften der wissenschaftlichen Information, aber auch die Gesetzmäßigkeiten aller Prozesse der wissenschaftlichen Kommunikation – von den informalen Prozessen des Austauschs wissenschaftlicher Informationen bis zu den formalen Prozessen des Austausches über die wissenschaftliche Literatur untersucht.“ Also keine Spur von Computer Science.

5 1976

- [5] MICHAJLOV, A. I.; CHERNYJ, A. I. & GILJAREVSKIJ, R. S. (1976): Nauchnye kommunikazii i informatika. 436 S.

Zweifelloos das Hauptwerk der drei Autoren, welches alsbald ins Deutsche übersetzt wurde.

- [6] FUCHS-KITTOWSKI, K.; KAISER, H.; TSCHIRSCHWITZ, R. & WENZLAFF, B. (1976): Informatik und Automatisierung. *Bd. 1*, 429 S.

Ein ganz erstaunliches Werk; das System Information – Mensch – Maschine wird mit all seinen naturwissenschaftlichen, technischen und philosophischen Aspekten auf der Grundlage einer unwahrscheinlich umfangreichen Literatur abgehandelt.

6 1977

- [7] (1977): *Ekonomicheskaya informatika*, Izd. Nauka. 149 S.

Eine der zahlreichen Broschüren mit vielen Autoren. Es werden die Aspekte der jeweiligen Informatika abgehandelt, weil es inzwischen Mode geworden war, dass jede Wissenschaftsdisziplin, wenn es denn eine Wissenschaft war, auch ihre eigene Informatik, – wirtschaftswissenschaftliche, soziale, biologische usw. usw. entwickeln musste – was im Grunde nichts anderes war als: Anwendung von Methoden der automatisierten Informationsverarbeitung in der jeweiligen Disziplin.

7 1978/1979

Die DDR-Zeitschrift INFORMATIK hatte den Untertitel „Theorie und Praxis der wissenschaftlich-technischen Information“. Es hat nie an Bemühungen gefehlt, dieser wissenschaftlich-technischen Informationstätigkeit eine theoretische Grundlage zu geben. Im Folgenden sollen sieben Beiträge in dieser Zeitschrift davon eine Vorstellung geben.

- [8] BONITZ, M. (1978): Zur Entwicklung der Wissenschaftsdisziplin Informatik in der DDR. *Informatik 25 (4)*, S. 43-48.
- [9] ENGELBERT, H. (1978). Wissenschaftliche Informationstätigkeit und wissenschaftlich-technischer Fortschritt. *Informatik 25 (5)*, S. 41-47.
- [10] GROß, B. & FUCHS-KITTOWSKI, K. (1978): Theoriendynamik und die Entwicklung der Informatik, Teil 1. *Informatik 25 (6)*, S. 42-47.
- [11] GROß, B. & FUCHS-KITTOWSKI, K. (1979): Theoriendynamik und die Entwicklung der Informatik, Teil 2. *Informatik 26 (1)*, S. 38-44.
- [12] SCHMOLL, G. (1979): Zur Bestimmung des Gegenstandes der Informatik. *Informatik 26 (2)*, S. 42-44.
- [13] MANECKE, H.-J. & THIEME, F. (1979): Zur Wissenschaft von der wissenschaftlichen und produktionswirksamen Information. *Informatik 26 (3)*, S. 43-45.

- [14] KOBLITZ, J. (1979): Informations- und Dokumentationswissenschaft und/oder Informatik? *Informatik 26 (5)*, S. 39-45.

8 1980

- [15] MICHAJLOV, A. I.; CHERNYJ, A. I. & GILJAREVSKIJ, R. S. (1980): Wissenschaftliche Kommunikation und Informatik. *Übers. aus dem Russ.*, 374 S.

Eine sehr solide Übersetzung aus dem Russischen in der Regie von Steffen Rückl, Berlin.

9 1982

- [16] GLUSHKOV, V. M. (1982): Osnovy bezbumashnyj informatiki, (Grundlagen der papierlosen Informatik). *Moskau*, 552 S.

Der Ukrainer Glushkov geht aufs Ganze. Papierlose Informatik!! Das erinnert an die Anekdote, wo einer verkündete, dass mit der Einführung der drahtlosen Telegraphie auch die Drahtproduktion zurückgehen werde. Das Gegenteil war bekanntlich der Fall. Der Ukrainer Glushkov muss trotzdem sehr angesehen gewesen sein, wie überhaupt die Ukrainer (Dobrow: Wissenschaftswissenschaft) seinerzeit sehr aktiv und angesehen waren.

10 1984

- [17] S. RÜCKL & SCHMOLL, G. (Hrsg.) (1984): Lexikon Information und Dokumentation. *Leipzig*, 535 S.

Eine hervorragende, verdienstvolle Unternehmung. Eigentlich die klassische Komprimierung der sog. Informations- und Dokumentationswissenschaft. Mit Herzblut geschrieben. Natürlich: Computer Science – kein Hauch.

11 1988

- [18] ITOGI NAUK I TEKHNIKI (1988): Serie Informatika, Bd. 10, V.I. Gor'kova, Informetriya. *Moskau*, 328 S.

Eine respektable, kenntnisreiche Einführung in die Disziplin, die später Scientometrics (Naukometriya) genannt wurde. Das messende Herangehen an die Wissenschaft. Die Moskauer Schule war außerordentlich leistungsfähig.



Abbildung 1: Die im Beitrag besprochenen Titel (ausgenommen die Zeitschrift INFORMATIK)

12 Pause

Nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion Ende der achtziger Jahre tritt in meiner häuslichen Bibliothek eine längere Pause ein, die erst beendet ist im Jahre 2003.

13 2003

- [19] ISTORIYA INFORMATIKI V ROSSII (2003): Uchennye i ikh Shkoly. *Moskau, 486 S.*

Ein beachtliches, Buch vieler Autoren, das tatsächlich einen kompletten Überblick über die Entwicklung der Informatik in Russland vermittelt. Der gesamte Kreis um Nalimov (Drogalina, Granovskij, Markova) ist dabei. Die dominierende Wissenschaft ist Computer Science. Die „alte“ Informatik im Sinne von wissenschaftlich-technischer Kommunikation ist verdrängt. Bedeutungswandel.

14 2006

- [20] (2006): Informatika kak Nauka ob Informazii Informatielle, dokumentalistische, technologische, ökonomische, soziale und organisatorische Aspekte. *Moskau, 592 S.*

Obwohl schon im Titel der Versuch gemacht wird, Informatik nun über die Information zu definieren, ist dies doch ein Umgehungsversuch in den alten klassischen Bahnen, die Einbeziehung von Computer Science findet praktisch nicht statt – der Dirigent des Buches, der erfahrene Pionier R. S. Giljarevski, lässt keine modernen Töne anklingen. Ihm geht es offenbar um das Wesen der gesamten wissenschaftlich-technischen Information, das von den Einsatzmöglichkeiten des Computers eigentlich nicht berührt wird.

15 2008

- [21] ENGELMANN, L. (Hrsg.) (2008): Informatik für die gymnasiale Oberstufe. *DUDEN PAETEC Schulbuchverlag, Berlin/Frankfurt, 542 S.*

Ein Schulbuch also. Groß, schwer, bunt (hellblau). Informatik ist im Unterricht angekommen. Kein Zweifel mehr, was Informatik ist: alles, was direkt und indirekt mit dem Computer zusammenhängt, Hardware, Software, Programmierung, Anwendung. Eingeteilt ist das Buch, wie bereits erwähnt, in: Grundbegriffe, praktische, technische, und theoretische Informatik.

16 2009

- [22] GILJAREVSKIJ, R. S. (2009): Informationsmanagement: Steuerung von Informationen, von Wissen, und von Technologien. *St. Petersburg, 304 S.*

Das neueste Werk des Altmeisters der russischen Informatik. Das Wort Informatik kommt zwar im Titel nicht vor, wohl aber im Text. Da heißt es: „Der Terminus Informatik, einst geschaffen zur Bezeichnung einer wissenschaftlichen Disziplin, welche die Struktur, die wesentlichen Eigenschaften der semantischen Information, und der Prozesse ihrer Übertragung und Bearbeitung mittels automatisierter Geräte erforscht, hat sich allmählich eingebürgert als Bezeichnung einer weiten Sphäre der Anwendung von Computern und deren Peripherie. Nach diesem Muster ist jetzt auch die Lehre der Informatik in den Mittel- und Hochschulen aufgebaut. Jedoch werden bei dieser Lehre, die sich oft in den mathematischen Tiefen der Programmierung verliert, einige Umstände ausgelassen, die für das Verstehen dessen wichtig sind, warum denn Rechenanlagen in Prozessen eingesetzt werden, die als Informationsprozesse bezeichnet werden, aber in Wirklichkeit nur Datenverarbeitung sind.“

Meine Damen und Herren, ich bin bei meinen Ausführungen am Ende angekommen.

Der Bedeutungswandel des Wortes Informatik ist sicherlich noch nicht zu Ende.

Informatik in der DDR am Beispiel von Projektvorhaben

ARNE FELLIEN
arne@fellien.com

Die Informatik in der DDR hat sich zu einem gewissen Grad anders entwickelt als das in den westlichen Staaten der Fall war. Dieses hat seine Ursache in den unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Anforderungen, die sich aus der Realität des sozialistischen Alltags ergaben. Während die westliche Informatik auf einen breiten Markt technischer Entwicklungen zurückgreifen konnte, war die technische Ausstattung mit Informations- und Kommunikationstechnologie in der DDR eher als sparsam zu bezeichnen. Die vorhandenen technischen Mittel mussten deshalb sehr viel effektiver genutzt werden, was den Informatikern ein hohes Maß an Kreativität abverlangte, wenn es zum Beispiel um die Nutzung begrenzter Speichermedien oder die Berücksichtigung unzureichender Verarbeitungsgeschwindigkeit ging. Besonders im wissenschaftlichen Bereich hatte dieses zur Folge, dass die theoretische Komponente der Entwicklung sehr viel weiter fortgeschritten war als die praktische Umsetzung. Die so gewonnenen Erfahrungen und Forschungsergebnisse konnten nach dem Fall der Mauer erfolgreich verwendet und weiter ausgebaut werden.

1 Einleitung

Der Autor stellt anhand eigener Entwicklungen eine Projektlandschaft dar, die die These untermauert, dass gerade durch den Mangel an Technik die kreativen Aspekte der Softwareentwicklung stärker zum tragen kamen. Beispielhaft dafür sind ein Programmsystem für die Auswertung von Erdölbohrungen in der DDR, der Zentralkatalog für Zeitschriften und Serien in der DDR, Forschung zur automatischen Theorienbildung und deren Anwendung in einem Simulationsprogramm/Expertensystem für die Stadtplanung und -entwicklung in der DDR.

Die Synergie-Effekte der deutlich besseren technischen Rahmenbedingungen und der Erfahrungen aus der Informatik in der DDR stellt der Autor am Beispiel der Telematikplattform für medizinische Forschungsnetze des BMBF (TMF) und der Spezifikation der elektronischen Gesundheitskarte (eGK) und der zugehörigen Infrastruktur für Deutschland dar.

2 Trendanalysen mit ZRA 1 und CDC – Improvisation vs. Kreativität

Im Jahre 1968 beauftragte das „Zentrale Geologische Institut der DDR“ (ZGI) den Autor, ein Programm für die Auswertung von Erdölbohrungen in der DDR zu entwickeln. Vorbild für dieses Programm sollten bekannte Fortranprogramme sein, die in den USA entwickelt und in der Sowjetunion von Geologen für die Analyse von geologischen Datenerhebungen genutzt wurden. Mathematisches Modell waren als Ausgleichskurven Polynome n -ten Grades in m Variablen. Je nach gewünschter Genauigkeit konnte der Grad n der Polynome gewählt werden. Für jeden Grad und Anzahl von Variablen hatten die amerikanischen Kollegen ein gesondertes Programm in Fortran geschrieben, das den Spezialfall der Trendanalyse umsetzte. Bei näherer Betrachtung war sofort klar, dass diese Verfahrensweise ineffektiv und vor allem zeitaufwändig war. Deshalb wurden Überlegungen angestellt die Gesamtheit der Fortranprogramme in einem einzigen Programm unterzubringen und den Grad der Polynome sowie die Anzahl der Variablen als Parameter in das Programm einzugeben. Die erste Version dieses umfassenden Programms wurde unter – für heute vorsintflutlichen – Bedingungen für den ZRA 1 (Zeiss Rechenautomat 1) programmiert, getestet und für die Auswertung eingesetzt. Zwar mit numerisch korrekten Ergebnissen, aber mit tagelangen Rechenzeiten. Dadurch war die Methode störanfällig, denn der ZRA 1 selbst war noch ein Röhrenautomat der nur 4.096 Speicherzellen zu je zwölf Zeichen bestand. Unter den heutigen Verhältnissen unvorstellbar geringe Kapazität für die vorgesehene Leistung. Das ZGI suchte deshalb nach Wegen, diesen Nachteil zu beseitigen und fand im VEB Schiffsbau Rostock einen Kooperationspartner, der über eine moderne Anlage der Firma Control Data (CDC) verfügte. Deshalb wurde das ZRA 1-Programm in Algol60 umgeschrieben und in Rostock getestet. Die Dateneingabe konnte durch die dort vorhandenen schnellen Lochkartenleser um das 100-fache beschleunigt und die Rechenleistung intern ebenfalls um einige Zehnerpotenzen erhöht werden. Insbesondere konnten mit den Schnelldruckern der CDC Kartenausdrucke als Linien gleicher Verteilung innerhalb kürzester Zeit hergestellt werden. Der Gewinn war erheblich, resultierte aber in erster Linie aus der Tatsache, dass die zahlreichen spezialisierten Fortranprogramme der Amerikaner in einem einzigen Algol-60-Programm zusammengefasst und die Trendanalyse parametergesteuert durchgeführt wurde. An späterer Stelle wurde das Algolprogramm für das statistische Lernen aus Beispielen zur Prognose von Fundorten geologisch interessanter Vorkommen genutzt. Wie dem Autor auch mitgeteilt wurde, hat das Interkosmos-Programm diese Lösung auch bei der Erderkundung durch Satteliten eingesetzt.

Das Ergebnis dieser Entwicklung war ein Programm, das sehr viel höher integriert war und verfahrenstechnisch umfassender als die vom Ausland gelieferten Programme. Die von den Informatikern der DDR geschaffenen Programme konnten im internationalen Maßstab als State of the Art, universell

einsetzbar und nachhaltig in Bezug auf die verwendete Programmiermethodik eingeordnet werden.

3 Zentralkatalog für Zeitschriften und Serien der DDR (ZKZ)

Als Nachfolgemaschine für den ZRA 1 wurde durch das Kombinat Robotron der R-300 angeboten, der bereits über einige Vorzüge wie Magnetbandleinheiten und Schnelldrucker verfügte. Gemessen an den heutigen Verhältnissen waren Rechengeschwindigkeit und Speicherkapazität natürlich verschwindend gering. Dennoch konnten auch auf Basis dieser Maschinen Programme und Projekte entwickelt werden, die sehr viel komplexer waren als das bis dahin der Fall war. Die Komplexität dieser Programme und Projekte drückt sich in der Hauptsache darin aus, dass es sich hier bereits um die Entwicklung von Programmen zur Umsetzung von Wertschöpfungsketten zur Herstellung von Produkten unter Nutzung moderner Informationstechnologien handelte.

Als Beispiel dafür, wie die begrenzten technischen Möglichkeiten der Wissenschaftler in der DDR durch ein hohes Maß an Kreativität wettgemacht wurden, kann der „Zentralkatalog für Zeitschriften und Serien in der DDR“ (ZKZ) dienen [2]. Inhaltlicher Hintergrund für dieses Projekt war die zentrale Erfassung aller Exemplare von Zeitschriften und Serien des Auslandes, die in Bibliotheken der DDR verfügbar waren. Diese Erfassung fand in der Deutschen Staatsbibliothek (DSB) statt und das Ergebnis war ein etwa zwölfbändiger Bandkatalog (d. h. Ein Katalog in Buchform). Abgesehen von einigen Ausnahmen wurden die Bibliotheken durch einen sechsstelligen Code (sogenannte Sigel) repräsentiert und für Bestände der DSB wurde auch die Signatur der entsprechenden Zeitschrift angegeben. Sehr viel problematischer war die Darstellung und *automatische* Verarbeitung der syntaktisch recht komplizierten Angaben zu den vorhandenen Beständen (der Bandzählung).

1,3-6.1956 - 12.1957 +++003

Bezeichnet den Bestand der Bibliothek mit dem Sigel +++003 das Heft 1 aus 1956, die Hefte 3 bis 6 aus 1956 und die Hefte 7 bis 12 aus 1957. Wenn an späterer Stelle noch das Heft 2 aus 1956 durch die Bibliothek erworben wurde, so lieferte diese Bibliothek als Datensatz

2.1956 +++003

an die DSB.

Daraus musste zusammenfassend die Bestandsangabe

1-6.1956 - 12.1957 +++003

automatisch generiert werden.

Was hier noch sehr einfach erscheint, musste jedoch für beliebige Bandangaben und Bandzählungen per Programm realisiert werden. Darüber hinaus

mussten die Angaben sortiert und für Bibliotheken mit gleichen Beständen zusammengefasst werden. Wenn also

1-6.1956

von der Bibliothek

+++003

und auch von Bibliothek

+++004

gemeldet wurde, musste daraus durch das Programm

1-6.1956 +++003 +++004

generiert werden.

Die Darstellung der Verfahrensweise ist hier naturgemäß stark vereinfacht. Zum damaligen Zeitpunkt konnte in der westlichen Literatur zur EDV im Bibliothekswesen kein vergleichbar leistungsfähiges automatisches Verfahren gefunden werden.

4 Forschung zur automatischen Theorienbildung

Bereits zu Beginn seiner Tätigkeit an der Sektion WTO der Humboldt-Universität wurde dem Autor die Möglichkeit eingeräumt sich mit der wohl exklusivsten Thematik der Informatik – der Künstlichen Intelligenz – zu befassen und dieses in Forschung und Lehre umzusetzen. Das Thema war seinerzeit Neuland und wurde im Rahmen des Gemeinschaftsprojektes „Wissenschaftlerarbeitsplatz“ mit Partner des Rechenzentrums und der Sektion Mathematik der Humboldt-Universität kooperativ bearbeitet. Diese Konstellation stellte sich als geradezu ideal heraus, da sich der Anspruch auf Exaktheit der Mathematik mit dem technischen Know How des Rechenzentrums und der Orientierung an gesellschaftlichen und wissenschaftstheoretischen Fragestellungen der Sektion WTO symbiotisch ergänzten. Als Wissenschaftlerarbeitsplatz wurde ein System diskutiert, das den Wissenschaftler bei allen allgemeinen und speziellen Aufgaben unterstützt [4]. Neben den allgemein gebräuchlichen Programmen der Bürokommunikation sollte dieser Arbeitsplatz auch über fachspezifische Wissensbanken und Expertensysteme verfügen, mit denen die Wissenschaftler in ihrer Forschung unterstützt werden. Das System sollte es ihnen gestatten Beobachtungsdaten zu speichern, Hypothesen zu formulieren, diese Hypothesen zu untermauern und damit notwendige Werkzeuge für die Theorienentwicklung bereitzustellen. Auch aus heutiger Sicht noch ein sehr hoch gestecktes Ziel, zumal Theorienbildung eine der exklusiv menschlichen kreativen Fähigkeiten ist. Wir mussten schon sehr früh erkennen, dass die Zielstellung für kurzfristige Erfolge zu weit gefasst war. Deshalb wurden eine Reihe spezieller Themen ausgewählt, deren Bearbeitung erfolversprechend war und sich aus den Forschungsgebieten der beteiligten Einrichtungen ergab. Aus der

Mathematik wurden durch Klaus Peter Jantke die Methoden des induktiven Lernens von Funktionen aus deren Wertetabellen eingebracht. Das Rechenzentrum, vertreten durch Jan Grabowski, entwickelte eine Methode der Darstellung und Verarbeitung taxonomischen Wissens, die an späterer Stelle zur Darstellung von Taxonomien städtebaulicher Strukturtypen Anwendung (siehe CIVITAS, [6], [3]) fand. Kern des Systems war ein Term-Ersetzungssystem zur Lösung von Gleichungen, das in PROLOG programmiert war.

Den Höhepunkt dieser Entwicklung bildete jedoch ein Ansatz aus der Wissenschaftstheorie, der bis zu einem gewissen Grade durch die Arbeiten von Karl Popper intendiert war. Dessen Arbeiten zur Theorienentwicklung und insbesondere die von ihm entwickelte Methode des „kritischen Experiments“ waren Ausgangspunkt für die Überlegung nach Mitteln und Methoden der automatischen Theorienbildung zu forschen. Dem kamen die Ergebnisse aus dem induktiven Lernen und der Darstellung und Verarbeitung taxonomischen Wissens sehr entgegen.

Anregungen auch von unseren Kollegen aus der BRD bekamen wir reichlich. Damals arbeitete Gudula Retz-Schmitz in Hamburg an einem Bildverarbeitungssystem, das die Positionen und Absichten von Spielern auf dem Spielfeld interpretierte. Eine überaus anspruchsvolle Aufgabe, die eine technische Ausstattung verlangte, die zu diesem Zeitpunkt in der DDR auch nicht in Ansätzen vorhanden war. Die Nutzung dieser technischen Ausstattung war naturgemäß zeitaufwändig und hatte zur Folge, dass die damit befassten Kollegen (damals in Hamburg) entsprechend weniger Zeit für die Erforschung der Grundlagen und die Entwicklung von Modellen aufbringen konnten. Auch wenn die Forscher aus der DDR es bedauerten, dass ihnen diese Technik nicht zur Verfügung stand, so mussten die Kollegen aus der BRD doch konstatieren, dass dadurch mehr Raum für die Grundlagenforschung in der DDR bestand [6]. Aus heutiger Sicht ist zu bedauern, dass diese beiden Potentiale nicht ihre Synergien ausschöpfen konnten und auch nach dem Fall der Mauer diese ergänzenden Kompetenzen nicht oder nur sehr vereinzelt zum Tragen gekommen sind.

Auch kamen wichtige Impulse von Alfred Kobsa, der sich damals mit der „Benutzermodellierung in Dialogsystemen“ beschäftigte und Modelle auf der Basis der Modallogik entwickelte.

Im Rahmen unserer Aktivitäten zum Wissenschaftlerarbeitsplatz wurden zahlreiche wissenschaftliche Tagungen und Workshops organisiert, an denen internationale Experten teilnahmen und wichtige Beiträge zur Thematik Lernen, formale Modelle, Methoden der künstlichen Intelligenz und gesellschaftliche und soziale Aspekte der künstlichen Intelligenz einbrachten. Wegen der Reisebeschränkungen für die Mehrheit der DDR-Bürger fanden die meisten dieser Treffen in der damaligen DDR statt. Allerdings gab es gerade dafür

ausgezeichnete Veranstaltungsorte in landschaftlich wunderschönen Gegenden, die die Kreativität der Beteiligten sicher beflügelte.

Höhepunkte in dieser Entwicklung waren auch die auf Initiative von Klaus Fuchs-Kittowski initiierten Besuche von Joseph Weizenbaum und Hubert Dreyfuss, die zwar zu den bedeutendsten Kritikern der KI zählten, aber zugleich prominente Vertreter der KI waren bzw. sind.

5 CIVITAS ein System für die Simulation von Stadtentwicklung – Anwendung der Theorienbildung

Während die technische Ausstattung der Informatiker in der DDR im Vergleich zur BRD eher schlecht war, konnte die Forschung in vielen Bereichen hervorragende Arbeitsbedingungen vorfinden. So wurden an der Bauakademie der DDR Modelle zur Darstellung von urbanen Strukturen erarbeitet auf deren Grundlage die Wirkung von Bau- und Infrastrukturmaßnahmen auf die Lebenssituation der Bewohner in den Städten ermittelt werden konnte. Die Komplexität dieser Modelle setzte jedoch eine entsprechende leistungsfähige Informationsverarbeitung und geeignete Algorithmen für die Variantenplanung voraus. Deshalb wurde in einer Kooperation zwischen der Bauakademie der DDR und der Sektion WTO ein System zur Umsetzung der Modelle und der darauf definierten Operatoren implementiert. Die Verfahren, die in diesem Kontext zu entwickeln waren, mussten auf den Bedarf der Experten der Stadtplanung abgestimmt sein. Insbesondere mussten solche Verfahren entwickelt werden, bei denen eine vorgegebene Zielfunktion optimal erreicht wird. Die unüberschaubare Menge der Möglichkeiten konnte manuell nicht mehr beherrscht werden. Es wurden deshalb die Möglichkeiten der Variantenplanung von logischen Programmiersprachen, in diesem Falle Prolog, genutzt um „Trial and Error“-Strategien zu implementieren. Insbesondere kamen die sogenannten „Truth Maintenance Systeme“ in CIVITAS zur Anwendung. Die Darstellung der städtebaulichen Strukturen erfolgte in einer formalen Taxonomie mit den bereits oben erwähnten Methoden.

6 Nutzung der Erfahrungen für Projekte im vereinigten Deutschland

Die reichhaltigen Erfahrungen und das breite Spektrum von Themen der Informatik war die Grundlage für zahlreiche weitere Projekte, die sich allerdings deutlich von den Systemlösungen der Erfahrungen in der DDR unterschieden. Diese Projekte stellten insofern eine neue höhere Qualität dar, als sie nicht mehr nur individuelle Arbeitsunterstützung lieferten, sondern Prozesse kooperierender Individuen. Projekte also, die man im weitesten Sinne als Infrastrukturprojekte bezeichnen kann. Dem lag ein theoretischer Ansatz zugrunde, der die Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien in den

drei Phasen Programme, Systeme und Infrastrukturen versteht. Während Programme einzelne Funktionen unterstützen, dienen die Systeme der Unterstützung einer Klasse von Aufgaben. Infrastrukturen und deren Komponenten bilden ihrerseits den Unterbau für die Abwicklung von komplexen Prozessen.



Diese Sicht auf einen die Softwareentwicklung in mehreren Etappen wurde auch in der Zeit nach der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten zu einem zentralen Bestandteil der Herangehensweise in Projekten, die naturgemäß von wachsender Komplexität gekennzeichnet waren. Als Beispiele können hier die „Telematikplattform für medizinische Forschungsnetze der Gesundheitsforschung des BMBF“ (TMF) [8] und die elektronische Gesundheitskarte (eGK) [9] und die zugehörige IuK-Infrastruktur für Deutschland dienen.

6.1 Telematikplattform für medizinische Forschungsnetze des BMBF

Im Rahmen der TMF wurde die Gesamtheit EDV-Vorhaben von anfangs etwa 20 Forschungsnetzen mit je 10 Projekten koordiniert und standardisiert. In den etwa 200 Studienprojekten wurden jeweils die Daten zu Krankheitsbildern gesammelt, verarbeitet und selektiv bereitgestellt [8]. Aufgabe des Projektes war es, die verwendeten Technologien miteinander zu harmonisieren, damit einerseits die Mehrfachnutzung von Softwarelösungen ermöglicht wurde andererseits auch potentiell der Datenaustausch bzw. integrative Verarbeitung von Daten thematisch verschiedener Forschungsprojekte möglich wurde. Neben der Verarbeitung von Daten wurden auch Konzepte der Telekooperation und medizinischer Teledienste entwickelt. Letztendlich wurden die ersten Schritte in Richtung auf eine Infrastruktur gemacht, in der als Komponenten verschiedene Systeme wie Datenbanken, Materialbanken, Telekooperationswerkzeuge, Content-Management-Systeme, Verschlüsselungssysteme (PGP) u. a. m. verknüpft waren. Die zu unterstützenden Prozesse waren die Wissensverarbeitung für die Forschung, die Durchführung medizinischer Studien, Prozesse der integrativen Auswertung von Forschungsergebnissen aber auch die Öffentlichkeitsarbeit der beteiligten Forschungsnetze. Aus dem Projekt TMF ging in den folgenden Jahren der gemeinnützige Verein TMF e. V. hervor, der nach wie vor die Betreuung der medizinischen Forschungsnetze erfolgreich betreibt.

6.2 Elektronische Gesundheitskarte (eGK)

Unter dem Titel „Spezifikation der Lösungsarchitektur zur Umsetzung der Anwendungen der elektronischen Gesundheitskarte“ [9] wurden im März 2005 durch die Fraunhofer Gesellschaft die Ergebnisse des entsprechenden Projek-

tes publiziert, an dem drei Fraunhofer-Institute federführend beteiligt waren. Die Projektleitung hatten Prof. Herbert Weber, Dr. Jörg Caumanns und Dr. Arne Fellien vom Fraunhofer Institut für Software- und Systemtechnik. Die dort vorgelegte Spezifikation hatte alle Merkmale einer IuK-Infrastruktur zur Unterstützung einer Vielzahl von Prozessen der ärztlichen Versorgung. Auftraggeber war (und ist) das Gesundheitsministerium und am Projekt beteiligt waren die Mehrzahl der relevanten Ärzteverbände, Apothekerverbände, Versicherungen, die Industrie und zahlreiche Einrichtungen des Gesundheitswesens. Das Projekt befindet sich noch in der Umsetzung und wird jetzt durch die gematik gGmbH koordiniert.

7 Schlussbemerkung

Der Autor möchte sich an dieser Stelle besonders bei Prof. Klaus Fuchs-Kittowski für die konstruktive Unterstützung bedanken, die er während seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Oberassistent an der Humboldt-Universität zu Berlin erfuhr. Nicht zuletzt war es dessen Weitsicht zu verdanken, dass auch so spektakuläre Themen wie formale Theorienbildung und Grundfragen der Informatik unter seiner Leitung behandelt und diskutiert werden konnten.

8 Literatur

- [1] SHAPIRO, Y. E. (1981): An Algorithm that infers theories from facts. *Proceedings of the 7th joint conference on Artificial Intelligence, Vancouver, S. 446-451.*
- [2] FELLIE, A. (1982): Konzeption des Informationssystems der Deutschen Staatsbibliothek. *Berliner Informatik-Tage, Humboldt-Universität zu Berlin, Organisations- und Rechenzentrum, Berlin, Juni 1982.*
- [3] WENZLAFF, R. & FELLIE, A. (1985): Möglichkeiten der Wissensdarstellung in Expertensystemen. In: *Berliner Informatik-Tage Bit 85 (Tagungsbericht Band1), Humboldt-Universität zu Berlin, Organisations- und Rechenzentrum, Berlin, Juni 1985.*
- [4] DAHN, B.; FELLIE, A.; GRABOWSKI, J. ET AL. (1986): Aktuelle Aufgaben der Wissensverarbeitung in der rechnerunterstützten Forschung. *Informatik Skripte Heft IV, Humboldt-Universität zu Berlin, Organisations- und Rechenzentrum, Berlin, Mai 1986.*
- [5] FELLIE, A. (1986): Some Aspects of Knowledge Processing and Participation. In: *Proceedings of the IFIP TC9/WG 9.1 Working Conference on System Design for Human Development and Productivity, Participation and Beyond, Berlin, GDR, 12-15 May, 1986.*

- [6] KOBZA, A. (1988): KI in der DDR. *KI 2. S. 28-31, Englisch Translation in: AI Communications 1(3), 20-25.*
- [7] FELLIEN, A. (1988): Ansätze der Informatik zur Modellierung von Prozessen der Theorienbildung. *In: Expertensysteme in Wissenschaft und Technik, Akademie der Wissenschaften der DDR/Institut für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaft – (Kolloquien; Heft 65), Berlin.*
- [8] FRAUNHOFER INSTITUT SOFTWARE- UND SYSTEMTECHNIK (Hrsg.); BE-
RICHTERSTÄTTER: DR. ARNE FELLIEN. BERLIN (2001): Telematikplattform
für medizinische Forschungsnetze der Gesundheitsforschung des BMBF
(TMF). *Februar 2001.*
- [9] FRAUNHOFER GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE FORSCHUNG (Hrsg)
(2005): Spezifikation der Lösungsarchitektur zur Umsetzung der An-
wendungen der elektronischen Gesundheitskarte. *München, März 2005.*

Zum tätigkeitstheoretisch orientierten Ansatz in den achtziger Jahren und heute

CHRISTIAN DAHME
dahme@hu-berlin.de

Der tätigkeitstheoretisch orientierte Ansatz in der Informatik geht insbesondere auf die Tätigkeitstheorie der Psychologie (Wygotski 1964, Leontjew 1979) zurück und versucht, die Beschreibung von sozialen Systemen und Prozessen mit Hilfe von Tätigkeiten für die Informatik zugänglich zu machen.

1 Modelle sozialer Systeme und Tätigkeitstheorie

Anfang der achtziger Jahre spielten Modelle als Voraussetzung für die Entwicklung von Software noch eine dominierende Rolle. Das war auch dann der Fall, wenn man sich Gebieten, wie dem Städtebau oder dem Gesundheitswesen zuwandte. Die Besonderheit bestand hier darin, dass es sich aus Sicht der „Angewandten Systemanalyse“ um soziale Systeme handelte. Ein soziales System wurde dabei so definiert, dass zu diesem Menschen gehören, die durch Tätigkeiten miteinander in Wechselwirkung stehen, und diese Tätigkeiten einem gewissen Ziel dienen, das für dieses System charakteristisch ist.

Es ging dabei um einen Systembegriff, in dem Tätigkeit und Ziel eine wesentliche Rolle spielten (Dahme 1997, 1987). Hierfür wurden verschiedene Tätigkeitsbegriffe herangezogen, so auch der Marxsche Begriff der Lebensweise. Von hier führte dann ein direkter Weg zur Tätigkeitstheorie der Psychologie (Wygotski 1964, Leontjew 1979).

Es gab hierbei mehrere Probleme:

- a) der Zielbegriff (was versteht man unter einem Ziel, ...),
- b) der Kooperationsbegriff (was versteht man unter Kooperation, was sollte er beschreiben und wie hängt er mit Selbstorganisation zusammen, ...),
- c) welcher Tätigkeitsbegriff ist hierfür geeignet?

Ende der achtziger Jahre wurde daher von mir der interdisziplinäre Arbeitskreis „Tätigkeitstheorie und Selbstorganisation“ ins Leben gerufen, um einerseits solche Probleme zu klären und andererseits mit Hilfe der Tätigkeitstheorie und der Selbstorganisation dem Verständnis sozialer Phänomene näher zu kommen (Dahme 1989, 1990, 1991, 1996, 1997, 1998). Die Ergebnisse waren

auch für die Softwareentwicklung im Rahmen des gegenstandsorientierten Modellansatzes hilfreich (Dahme 1993, 1995).

Darüber hinaus gab es in Skandinavien um Yrjö Engeström (1987), der eine spezielle Richtung der Tätigkeitstheorie vertrat, eine Strömung in der Informatik, die seinen Ansatz nutzte. Dieser diente insbesondere zur Bewertung von Software als Werkzeug in Arbeitsprozessen, jedoch nicht zur Konstruktion von Software. Diese Richtung spielt im Folgenden keine Rolle.

2 Der tätigkeitstheoretisch orientierte Ansatz

In enger Zusammenarbeit mit Arne Raeithel entstand in der ersten Hälfte der neunziger Jahre ausgehend von der Leontjewschen Tätigkeitstheorie (Leontjew 1979) der selbständige tätigkeitstheoretisch orientierte Ansatz (Dahme/Raeithel 1997). Im Unterschied zum gegenstandsorientierten Modellansatz, der die Bildung eines gegenständlichen Modells voraussetzt, stand hier die Tätigkeit, die gegebenenfalls in Software zu übertragen war, im Vordergrund. Dabei waren folgende Fragen von Interesse:

- Welcher Anteil einer Tätigkeit hat die Potenz zur Automatisierung und lässt sich gegebenenfalls in Software übertragen?
- Wie kommt man zu diesem Anteil?
- Wie geht man mit dem nicht formalisierten oder dem nicht formalisierbaren Anteil um, der für die adäquate Nutzung der Software stets notwendig ist?

Der tätigkeitstheoretisch orientierte Ansatz versucht solche Fragen zu klären. Nach diesem Ansatz ist der Anteil einer Tätigkeit, der sich potentiell in Software übertragen lässt, durch folgendes charakterisiert:

- „1. Er bezieht sich auf Anteile einer inneren, orientierenden Tätigkeit oder lässt sich in solche transformieren.
2. Diese Anteile liegen als Operationen vor oder lassen sich von Handlungen in Operationen überführen (Operationalisierbarkeit).
3. Es liegt Wissen vor, mit dem sich diese Operationen (vollständig) reproduzieren lassen – reproduzierbares Wissen.
4. Dieses Wissen ist mitteilbar.
5. Es kann in öffentliches Wissen überführt werden.“ (Dahme/Raeithel 1997, S. 6)

Wir wollen uns diesem nun ein wenig nähern. Die Tätigkeitstheorie unterscheidet drei Analyseebenen einer Tätigkeit

- Tätigkeit und Motiv (**Warum** möchte ich das?)
- Handlung und Ziel (**Was** will ich mit der Handlung erreichen?)
- Operationen und Bedingungen (**Wie** kann man das erreichen?)

Da Operationen nur noch von den Bedingungen abhängen, unter denen sie stattfinden können, (und nicht mehr vom „wertenden“ Subjekt) haben sie die Potenz zur Automatisierung, d. h., sie können gegebenenfalls völlig aus einer Tätigkeit herausgenommen und einem Automaten übertragen werden. Folglich können nur Operationen in Software übertragen bzw. durch Software ersetzt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass nicht alles was automatisierbar ist auch automatisierungswürdig sein muss. Hier ist ein Abwägungsprozess unter anderem im Sinne von Aufwand und Nutzen erforderlich.

Für die Gestaltung von brauchbarer Software spielen aber auch die beiden anderen Analyseebenen eine entscheidende Rolle (siehe Abbildung 1).

Analyseebene	Leitfrage	Beispiele für softwareentwicklungsrelevante Gestaltungsziele
Tätigkeit	Warum (Motiv)	Benutz- und Fehlerfreundlichkeit, Einbettung in die Anwendertätigkeit
Handlung	Was (Ziel)	Dialoggestaltung, Handhabbarkeit, visuelle Rückmeldungen, Hilfen
Operation	Wie (Verfahren)	direkt in ein Programm transformierbare, effiziente und revidierbare Objekte, Methoden und Botschaften bzw. Algorithmen und Datenstrukturen

Abbildung 1: Bedeutung der drei Analyseebenen einer Tätigkeit für die Softwareentwicklung (Dahme/Raeithel 1997, S. 7)

Andererseits erfordert die Konstruktion von Software eine Spezifikation, d. h. eine genaue Beschreibung dessen, was in Software übertragen werden sollte. Aus tätigkeitstheoretischer Sicht entspricht das der Beschreibung der in Software zu übertragenden Operationen. Das erfordert Wissen über diese Operationen. Welches Wissen über diese Operationen ist nun relevant?

„Für die Transformation in ... Software kommen in Frage:

- (1) individuell reproduzierbares Wissen (Können) und
- (2) mitteilbares individuelles Wissen (Privatwissen).

Wenn man in der Lage ist, von einer vorgegebenen Ausgangssituation zu einer vordefinierten, angestrebten Situation zu kommen, verfügt man über individuell reproduzierbares Wissen, auch kurz Können genannt. Es bezieht sich darauf, wie man das

ins Auge gefaßte Ziel einer Handlung zuverlässig erreicht. Es ermöglicht die Rekonstruktion bzw. die Wiederholung dieser Handlung und man weiß, was man tun muß, um in die Nähe der angestrebten Situation zu kommen. Mit anderen Worten, man verfügt wenigstens über ein gewohntes, flexibel einsetzbares Verfahren. Eine bewährte und selbstregulativ wirksame, intuitiv einsetzbare Methode ist dagegen schon eine höhere Stufe des Könnens, die typische Form, die das Expertenwissen annimmt. Im für die Softwareherstellung günstigsten Fall kennt man sogar einen Algorithmus, um zum angestrebten Resultat zu kommen.

Wenn wir unser individuelles Wissen anderen Menschen zur Verfügung stellen können, handelt es sich um mitteilbares Wissen ...

Mittelbares Wissen, das nicht mehr an die Person gebunden ist, die es hervorgebracht hat, weil es in einer mitgeteilten, öffentlichen, kopierbaren und für das angesprochene Publikum verständlichen Form vorliegt, nennen wir öffentliches Wissen.“ (Dahme/Raeithel 1997, S. 10)

Entscheidend ist nun die Frage, inwieweit individuell reproduzierbares Wissen und mitteilbares individuelles Wissen über solche Operationen sich in öffentliches Wissen überführen lassen. Denn nur öffentliches (Verfahrens-) Wissen kann (transparent) in Software übertragen werden (Dahme/Raeithel 1997, S. 10).

So entstand neben dem gegenstandsorientierten Modellansatz der tätigkeitstheoretisch orientierte Ansatz. Beide Ansätze sollen nun näher eingeordnet werden.

3 Wurzeln der angewandten Informatik

Will man die wissenschaftlichen Grundlagen der Softwareentwicklung ergründen, so sind mindestens drei Richtungen oder Sichtweisen zu unterscheiden (Dahme 2008):

- A) die Sicht des **Anwenders**,
was mit dem Computer unterstützt beziehungsweise durch den Computer (wünschenswerter Weise) realisiert werden sollte,
- B) die Sicht des **Informatikers** (des Soft- oder Hardwareentwicklers),
was aus dieser Sicht mit einem Computer möglich ist oder wie Software beziehungsweise Hardware zu konstruieren ist, um eine vorgegebene

Spezifikation zu erfüllen. (Diese Sicht entspricht der so genannten „Kerninformatik“.),

C) die Sicht des „**Interface-Designers**“.

Aus dieser Sicht sollte die Interaktionsebene der Software (Mensch-Maschine-Interaktion) so gestaltet sein, dass der Anwender intuitiv (und motiviert) damit umgehen kann, d. h., diese sollte eine gute virtuelle Nachbildung der realen Situation des Anwenders darstellen, damit er sich in dieser schnell zurecht finden kann. Hier spielen Begriffe wie „usability“, brauchbare Software, Benutzerfreundlichkeit, Fehlerfreundlichkeit und dergleichen eine Rolle (siehe Dahme/Raeithel 1997, Dahme 1995).

(Im klassischen Ingenieurbereich würde man diese Richtung der industriellen Formgestaltung zuordnen.)

Aus Sicht der Softwareentwicklung könnte man A) den frühen Phasen, B) der Softwarekonstruktion und C) der Einbettung der Software in den Anwendungszusammenhang zuordnen.

Im Folgenden werde ich mich auf die Anwendersicht und damit auf die frühen Phasen der Softwareentwicklung beschränken. Versucht man der Frage nachzugehen, wo wissenschaftshistorisch der Computer bezogen auf seine Anwendung seine Wurzeln hat, so lassen sich drei identifizieren (siehe Dahme 2002, 2008):

- a) Der Computer zur Unterstützung bis hin zur Automatisierung des Rechnens ganz allgemein oder speziell: Der Computer als Mittel zur Unterstützung von wissenschaftlichen und kommerziellen Berechnungen auf der Basis mathematisierter Modelle. Letzteres werde ich als **gegenstandsorientierten Modellansatz** bezeichnen.
- b) Automatisierung von (Teilen von) Tätigkeiten durch Übertragung an einen Computer. Diese Wurzel bezeichne ich als **tätigkeitstheoretisch orientierten Ansatz**.
- c) Psychische Phänomene werden als „Informationsverarbeitung“ rekonstruiert. Dieses führt zum **kognitivistischen Ansatz** (siehe Pickert 2007).

Zu jedem dieser Ansätze gibt es eine eigene Interpretation von Software. Aus Sicht des gegenstandsorientierten Modell-Ansatzes kann Software als Automatisierung der „Berechnung“ von (mathematisierten) Modellen verstanden werden. Grundlage für die Software ist hier ein Modell des Gegenstandes.

Aus Sicht des tätigkeitstheoretisch orientierten Ansatzes kann Software als Automatisierung von operationalisierbaren Anteilen menschlicher Tätigkeit verstanden werden oder als Resultat der Transformation von Anteilen realer oder möglicher menschlicher Tätigkeit in eine maschinelle Form.

Aus Sicht des kognitivistischen Ansatzes kann Software als Automatisierung (Maschinisierung) eines Algorithmus, der wiederum selbst eine Problemlösung repräsentiert, verstanden werden. (Diese Beschreibung ist sehr eng mit dem in der theoretischen Informatik verwendeten Begriff verbunden.)

4 Der Zusammenhang zwischen diesen Wurzeln

Der kognitivistische Ansatz kann als ein spezieller gegenstandsorientierter Modellansatz der kognitiven Psychologie verstanden werden (siehe Klix 1971, Pickert 2007).

Mit Hilfe der Theorie elementarer sozialer Systeme (Dahme 1987, 1997) konnte gezeigt werden, dass ein elementares soziales System nichts anderes als eine systemtheoretische Beschreibung für eine Tätigkeit ist (Dahme 1997, S. 88), d. h., dass für elementare soziale Systeme die Tätigkeitstheorie gilt. Damit ist mit Hilfe der Theorie elementarer sozialer Systeme die Tätigkeitstheorie systemtheoretisch eingebettet. Da andererseits die Theorie elementarer sozialer Systeme die Bildung von Modellen ermöglicht, lässt sich der tätigkeitstheoretisch orientierte Ansatz auf diese Weise in einen gegenstandsorientierten Modellansatz überführen und einbetten.

Das führt zu der Aussage: Software basiert auf einem Modell, unabhängig davon, ob man sich dessen bewusst ist oder nicht.

Aus Sicht der Tätigkeitstheorie sind gegenstandsorientierte Modelle Gegenstand innerer orientierender Tätigkeit (Dahme/Raeithel 1997, S. 8-9) und sie erfüllen die Kriterien der (vollständigen) Reproduzierbarkeit und (vollständigen) Mitteilbarkeit. Damit kann die Bildung von und das Experimentieren mit Modellen tätigkeitstheoretisch eingeordnet werden. Auf diese Weise lässt sich der gegenstandsorientierte Modellansatz tätigkeitstheoretisch einbetten.

Das führt zu der Aussage: Der gegenstandsorientierte Modellansatz und der tätigkeitstheoretisch orientierte Ansatz sind gleichberechtigt.

5 Aufgabenklassen von M. M. Lehman und der tätigkeitstheoretisch orientierte Ansatz

M. M. Lehman beschäftigte sich schon seit den siebziger Jahren mit der sogenannten Softwareevolution. In diesem Zusammenhang unterschied er (M. M. Lehman 1980) drei Arten von Aufgabenklassen (bzw. Software-Typen):

- Software/Aufgaben vom S-Typ mit S für Spezifikation,
- Software/Aufgaben vom P-Typ mit P für Problem,
- Software/Aufgaben vom E-Typ mit E für (sozial) eingebettet.

Diese Aufgabenklassen bzw. Software-Typen können wie folgt charakterisiert werden:

Software/Aufgaben vom *S-Typ*

- können vollständig durch eine formale Spezifikation beschrieben werden,
- können gut nach dem Paradigma bearbeitet werden: „Erst spezifizieren – dann programmieren – dann verifizieren“,
- die Lösung einer solchen Aufgabe ist beweisbar.

Die Entwicklung ist erfolgreich, wenn die Programme der Spezifikation entsprechen.

Software/Aufgabe vom *P-Typ*

- löst ein spezifisches, abgegrenztes Problem
- wobei nicht in jedem Fall formal beschrieben werden kann, was eine Lösung ist.

Ob die gefundene Lösung annehmbar ist,

- kann nicht bewiesen,
- kann nur durch Erprobung und (qualitative) Bewertung bestätigt oder verworfen werden.

Software/Aufgaben vom *E-Typ*

(eine in der realen Welt sozial eingebettete Anwendung)

Die Anforderungen

- sind häufig nicht klar,
- müssen noch ausgehandelt werden,
- sind Änderungen unterworfen.

Die erstellten Systeme

- verändern das Arbeits- oder Erlebnisumfeld ihrer Benutzer,
- sind deshalb erhöhter Kritik ausgesetzt,
- führen in der Regel zu Rückkopplungen, (Änderungswünsche, neue oder veränderte Anforderungen) die Auslöser für weitere Entwicklungszyklen sein können.
- Die Entwicklung ist erfolgreich, wenn die Anwender mit der Software zufrieden sind.

Aus Sicht von M. M. Lehman ist nur die Software vom *S-Typ* stabil, d. h. der Softwareentwickler hat nur diese Situation vollständig „im Griff“. Software vom *P-* und *E-Typ* ist dagegen der Evolution unterworfen.

Aus tätigkeitstheoretischer Sicht lässt sich dieses noch besser begründen, wenn man diese Aufgabenklassen danach beurteilt, inwieweit die Aufgabe die tatsächliche Realität beschreibt, inwieweit reproduzierbares Wissen über die in Software zu transformierenden Operationen vorhanden ist und inwieweit die-

ses alles mitteilbar ist und gegebenenfalls in der Form von öffentlichem Wissen vorliegt oder sich in solches überführen lässt.

Der S-Typ

Betrachten wir zuerst die Aufgabenklasse vom S-Typ, so ist diese aus tätigkeitstheoretischer Sicht durch folgendes charakterisiert:

1. Der Teil, der in Software transformiert werden soll, ist vollständig beschrieben:
 - Es sind alle operationalisierbaren Anteile erkannt.
 - Es sind alle Operationen bestimmt, die automatisierungswürdig sind und damit die Potenz haben, in Software transformiert zu werden.
2. Reproduzierbarkeit.
 - Es gibt Wissen über die in 1. beschriebenen Operationen, mit dem diese Operationen vollständig reproduziert werden können.
3. Mitteilbarkeit.
 - Dieses Wissen ist vollständig mitteilbar und liegt in der Form von öffentlichem Wissen vor.

Darüber hinaus wird beim S-Typ noch verlangt:

4. Softwarekonstruktion.
 - Die Korrektheit der Softwarelösung ist beweisbar.

Diese Bedingungen stellen die für die Softwareentwicklung günstigste Situation dar, da sich die Spezifikation auf Grund von 1., 2. und 3. vollständig beschreiben lässt und darüber hinaus die Korrektheit der Softwarelösung beweisbar ist. Folglich hat der Softwareentwickler diese Situation vollständig „im Griff“. Nur für diesen Fall ist das Wasserfall-Modell als Vorgehensmodell geeignet.

Der P-Typ

Betrachten wir nun die Aufgabenklasse vom P-Typ, so stimmt sie bezüglich 1. „vollständig beschrieben“ und 3. „vollständig mitteilbar“ mit dem S-Typ überein. Dagegen ist die Reproduzierbarkeit beim P-Typ nicht oder nur zum Teil gegeben. Es liegt folglich eine **Reproduzierbarkeitsbarriere** vor, d. h. es gibt Wissensdefizite (und damit ein Problem) in Bezug auf die Reproduktion (das kann zum Beispiel daran liegen, dass noch keine oder keine ausreichende Theorie hierfür bekannt ist).

Aus pragmatischer Sicht versucht man in solchen Situationen das Problem nicht zu lösen, sondern mit Hilfe von Heuristiken zu umgehen (Beispiel Wetterprognosen, Baustatik).

Damit kann die Korrektheit der Softwarelösung auch nicht bewiesen werden, d. h. die Softwarelösung kann gegebenenfalls nach dem Kriterium der Genügsamkeit beurteilt werden.

Andererseits sind mit der Verwendung von Heuristiken jedoch Risiken verbunden, da mit der Anwendung von Heuristiken die Erreichung eines Zieles nicht garantiert werden kann. Daher eignet sich als Vorgehensmodell für den P-Typ das Spiralmodell von Barry Boehm, welches Risiken zu berücksichtigten versucht.

Der E-Typ

Die Aufgabenklasse vom E-Typ erweist sich jedoch als am problematischsten. Hier können sowohl Defizite bezüglich der Beschreibung als auch bezogen auf die Reproduzierbarkeit und die Mitteilbarkeit auftreten. Solche Defizite sind für den E-Typ charakteristisch, insbesondere bezogen auf die Mitteilbarkeit. Man kann das auch so beschreiben, dass Mitteilbarkeits-, Beschreibungs- bzw. Reproduzierbarkeits-Barrieren typischer Weise vorliegen können.

Das Haupthindernis für die Gestaltung von brauchbarer Software ist hier die Mitteilbarkeitsbarriere, die maßgeblich auf unterschiedliche Kulturen der Beteiligten zurückzuführen ist (Klepin 2009).

Andererseits kommt es auch häufiger vor, dass die Reproduzierbarkeit zwar gegeben ist, aber das Wissen darüber nicht in Form von öffentlichem Wissen vorliegt. Hier wird das Wissen über die Reproduzierbarkeit häufig durch Imitation kommuniziert. Solange dieses Privatwissen nur durch Imitation kommuniziert wird, ist es der Überführung in Software nicht zugänglich.

Für Aufgaben vom E-Typ eignet sich nur ein evolutionäres Vorgehen im Sinne von Prototyping (Dahme/Hesse 1997, Pomberger/Weinreich 1997), welches eine Machbarkeitsstudie voraussetzen sollte.

Fazit

Der tätigkeitstheoretisch orientierte Ansatz ermöglicht es einfacher zu erkennen, was sich erfolgreich in Software überführen lässt und welche Barrieren gegebenenfalls eine erfolgreiche Überführung behindern können, sowie welches Vorgehen in welcher Situation geeignet ist.

6 Literatur

- [1] BOEHM, B. W. (1988): A Spiral Model of Software Development and Enhancement. *IEEE Computer* 21 (5), S. 61-72.
- [2] DAHME, CH. (1987): Methodologische und theoretische Voraussetzungen für die Analyse komplexer Entscheidungssituationen. *Dissertation B, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin 1987.*
- [3] DAHME, CH. (1989): Ziele und Zielvorstellungen. *Deutsche Zeitschrift für Philosophie* (3), S. 263-268
- [4] DAHME, CH. (1990): Selbstorganisation und Tätigkeitstheorie. In *Niedersen, U. (Hrsg.), Selbstorganisation – Jahrbuch für Komplexität in den Natur-, Sozial und Geisteswissenschaften, Bd. 1, Selbstorganisation und Determination; Duncker & Humblot, Berlin, S. 149 ff.*
- [5] DAHME, CH. (1991): Selforganization and Activity Theory – About the Special Quality of the Building up Models of Social Objects. In *Ebeling, W.; Peschel, M. & Weidlich, W. (Hrsg.), Models of Selforganization in Complex Systems – MOSES. Volume 64 of Mathematical Research, Akademie Verlag, Berlin, S. 296-303.*
- [6] DAHME, CH. (1993): Simulation eines nichtklassischen Zuordnungsproblems dargestellt an der Kurmittelplanung eines Kliniksankatoriums. In: *Sydow, A. (Hrsg.), Simulationstechnik, 8. Symposium in Berlin, Tagungsband, Vieweg Braunschweig/Wiesbaden.*
- [7] DAHME, CH. (1995): Softwareentwicklung mit HyperCard – Benutzerfreundliche Interfacegestaltung. *Bonn: Verlag Addison-Wesley (bis Herbst 1995: Verlag Technik, Berlin).*
- [8] DAHME, CH. (1996): Zu einigen Voraussetzungen und Möglichkeiten der Synergetik in den Sozialwissenschaften. *Ethik und Sozialwissenschaften* 7 (4), S. 605-607.
- [9] DAHME, CH. (1997): Systemanalyse menschlichen Handelns – Grundlagen und Ansätze zur Modellbildung. *Opladen: Westdeutscher Verlag.*
- [10] DAHME, CH. (1998): Ein Handlungskonzept zwischen Selbstorganisation und Tätigkeitstheorie. *Ethik und Sozialwissenschaften* 9 (1), S. 23-25.
- [11] DAHME, CH. (2002). Historische, wissenschaftstheoretische und kulturelle Wurzeln der angewandten Informatik. In: *Nake, F; Rolf, A. & Siefke, D. (Hrsg.), Wozu Informatik? Theorie zwischen Ideologie, Utopie und Phantasie. Bericht 2002 - 25, TU Berlin, Fakultät IV - Elektrotechnik und Informatik, S. 52-54.*

- [12] DAHME, CH. (2008): Wissenschaftliche Grundlagen der angewandten Informatik – in memoriam Tadeusz Kasprzak. In: *Zastosowanie technologii informacyjnych do wspomagania zarządzania procesami gospodarczymi, redakcja naukowa: Nina Siemieniuk, Romuald Mosdorf. Białystok.*
- [13] DAHME, CH. & HESSE, W. (1997): Evolutionäre und kooperative Software-Entwicklung. *Informatik-Spektrum* 20 (1), S. 3-4.
- [14] DAHME, CH. & RAEITHEL, A. (1997): Ein tätigkeitstheoretischer Ansatz zur Entwicklung von brauchbarer Software. *Informatik-Spektrum*. 20 (1), S. 5-12.
- [15] ENGSTRÖM, Y. (1987): Learning by Expanding. An activity-theoretical approach to developmental research. *Helsinki: Orienta-Konsultit.*
- [16] FLOYD, CH.; KRABEL, A.; RATUSKI, S. & WETZEL, I. (1997): Zur Evolution der evolutionären Systementwicklung – Erfahrungen aus einem Krankenhausprojekt. *Informatik-Spektrum*. 20 (1), S. 13-20.
- [17] KLEPIN, M. (2009): Probleme der Mitteilbarkeit bei der Softwareentwicklung in sozial eingebetteten Systemen. *Bachelorarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Informatik.*
- [18] KLIX, F. (1971): Information und Verhalten. *Berlin: Dt. Verlag der Wissenschaft. – 4. Auflage.*
- [19] LEONTJEW, A. N. (1979): Tätigkeit Bewußtsein Persönlichkeit. *Berlin: Volk und Wissen.*
- [20] LEHMAN, M.M. (1980): Programs, Life Cycles, and Laws of Software Evolution. *Proceedings of the IEEE* 68 (9), S. 1060-1076.
- [21] LEHMAN, M. M. & BELADY, L. A. (Hrsg.) (1985): Program Evolution: Processes of Software Change. *London, etc.: Academic Press.*
- [22] MÜLLER, G. (2007): Anwenderorientierte Softwarespezifikation mit der UML 2 aus tätigkeitstheoretischer Sicht. *Diplomarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Informatik.*
- [23] POMBERGER, G. & PREE, W. (2004): Software Engineering – Architektur-Design und Prozessorientierung, 3. Auflage, *Hanser Verlag.*
- [24] POMBERGER, G. & WEINREICH, R. (1997): Qualitative und quantitative Aspekte prototypingorientierter Software-Entwicklung – Ein Erfahrungsbericht. In: *Informatik-Spektrum* 20 (1), S. 33-37.
- [25] PICKERT, G. (2007): Der kognitivistische Ansatz in der angewandten Informatik. *Diplomarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Informatik.*

- [26] SCHULZ, L. (2009): Vorgehensmodelle in der Softwareentwicklung aus der Sicht der Aufgabenklassen von M. M. Lehman. *Diplomarbeit, Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Informatik.*
- [27] WYGOTSKI, L. S. (1964): Denken und Sprechen, *Berlin.*
- [28] WYGOTSKI, L. S. (1985): Ausgewählte Schriften, *Berlin.*

Die Interessengruppe Programmpakete

PETER BACHMANN

bachmann@informatik.tu-cottbus.de

In der Interessengruppe Programmpakete wurden die intensiven Diskussionen zu Programmsystemen in einem Buch zusammen gefasst. Unterdessen sind weltweit unter dem Thema „Softwaretechnik“ vielfältige Untersuchungen durchgeführt worden, die die Inhalte des Buches betreffen. In diesem Artikel werden einige der betrachteten Aspekte nochmals beleuchtet und mit den neueren Ergebnissen verglichen.

1 Die Geschichte

1976 fand sich eine Gruppe von Fachkollegen aus dem Bereich der Akademie der Wissenschaften, dem Hochschulwesen und der Industrie zusammen, um den wissenschaftlichen Informationsaustausch zur Fundierung, Entwicklung und Anwendung von Programmsystemen zu pflegen. Man gab sich den Namen „Interessengruppe Programmpakete“. Damit sollte ausgedrückt werden, dass das Hauptmotiv das wissenschaftliche Interesse am Gegenstand ist. Die Verwertung eventueller Resultate stand nicht im Focus der Diskussion.

Anfangs divergierten die einzelnen Ansichten, was insbesondere im unterschiedlichen Sprachgebrauch lag. Bald wurde erkannt, dass die Erarbeitung eines einheitlichen Begriffssystems zur Darstellung und Bewertung der verschiedenen Positionen unumgänglich ist. Im Zuge dieser Arbeit näherten sich dann die vertretenen Auffassungen zur Nutzung, der Architektur, der Steuerung, der Entwicklung und der Modellierung an. Allerdings war man gegenseitig gern zu Eingeständnissen und Kompromissen in den Ansichten bereit, solange dies nicht mit Konsequenzen verbunden war.

Um den in den Diskussionen erreichten Standpunkten eine größere Verbindlichkeit zu geben wurde als gemeinsames Ziel deren Herausgabe in Buchform vereinbart. Von da an gestaltete sich der wissenschaftliche Meinungsstreit konsequenter, aber auch effektiver.

Nach sechs Jahren intensiver gemeinsamer Arbeit entstand das Manuskript, das 1983 unter dem Titel „Programmsysteme: Anwendung – Entwicklung – Fundierung“ im Akademie-Verlag Berlin erschien [2] und an dem die elf Mitglieder der Interessengruppe

Peter Bachmann, Dresden (Leiter und Herausgeber),

Martin Frenzel, Dresden,

Frank Heltzig, Dresden,

Dieter Herrig, Schwerin,

Karl-Heinz Kutschke, Rostock,

Walter Mach, Karl-Marx-Stadt,

Horst Sandmann, Berlin,

Kuno Schmidt, Berlin,

Michael Schwaar, Karl-Marx-Stadt, und

Horst Sobotta, Dresden

als Autoren mitwirkten.

Neben den oben bereits erwähnten fünf Aspekten Nutzung, Architektur, Steuerung, Entwicklung und Modellierung besteht das Buch aus einem einleitenden Kapitel zur allgemeinen Einordnung von Programmsystemen und dem Lösungsprozess sowie einem abschließenden Kapitel, in dem sieben konkrete Programmsysteme nach einheitlichen Gesichtspunkten vorgestellt sind.

Im folgenden soll nun betrachtet werden, inwieweit sich die im Buch vertretenen Standpunkte in den vergangenen 30 Jahren bestätigt haben, was davon vielleicht nur unter einer neuen Bezeichnung neu eingeführt wurde und welche grundsätzlichen Aspekte neu entwickelt wurden.

Dabei muss ich selbstkritisch einräumen, dass ich mich hauptsächlich auf die angegebenen Literatur [4, 8] sowie auf das Gehörte und Erlebte während meiner Tätigkeit an der BTU Cottbus, Institut für Informatik, gestützt habe. Persönlich habe ich mich nach 1982 nicht mehr zum globalen Gegenstand, sondern nur zu speziellen Fragen wie zum Beispiel der Verifikation [3] forschungsmäßig betätigt.

2 Das Grundkonzept

Da die elf Mitglieder der Interessengruppe hauptsächlich aus dem Bereich Wissenschaft und Technik kamen, standen derartige Anwendungen im Zentrum der Betrachtungen. Auf diesem Gebiet gab es viele persönliche Erfahrungen durch die Entwicklung von Pilotprojekten. Sieben davon sind im letzten Kapitel des Buches beschrieben, wobei eine einheitliche Beschreibungsform angestrebt wurde. Bei Programmsystemen zur Ökonomie bzw. Verwaltung gab es weder eigene Entwicklungen noch ein entsprechendes Interesse.

Als Konsequenz wurden **funktionelle und algorithmische Aspekte** besonders intensiv behandelt, was unter anderem bei den Betrachtungen zur Steuerung zum Ausdruck kam. Auch waren die Pilotprojekte von relativ kleinen Entwicklerkollektiven (heute: Teams) erarbeitet worden, wodurch der Entwicklungsprozess und das Projektmanagement keine große Aufmerksamkeit erhielt. Dagegen war uns die ausführliche **Diskussion von Gestaltungsprinzipien** wichtig. Dementsprechend wurde auch das Buch gegliedert. In [4, 8] wird dagegen entsprechend der Entwicklungsphasen vorgegangen.

Die Informatik in der DDR wurde entscheidend durch N. J. Lehmann mit geprägt. Neben vielen anderen Gebieten in der Informatik hatte sich Lehmann insbesondere für eine „sprachlich geführte Programmietechnologie“ eingesetzt. Er war es auch, der im TEKMO-Seminar die Beziehung zwischen Programmpaket und Sprachen in das Zentrum der Aufmerksamkeit rückte (Siehe [7, 9]). Es war also natürlich, dass die Interessengruppe von diesem Konzept ausging. So wird auch im Buch an vielen Stellen auf die **Bedeutung der Sprachen** eingegangen.

Anfang der siebziger Jahre war die strukturierte Programmierung als möglicher Ausweg aus der Softwarekrise ein stark beachteter Gegenstand, durch die auch der Begriff des Moduls geprägt wurde. Wirth entwickelte mit Modula II eine Sprache, in der Module das zentrale Element darstellten. Auch die Interessengruppe hat **Modularisierung** als wichtiges Gestaltungsprinzip herausgestellt. Da die Objektorientierung erst später ihren fast euphorischen Höhepunkt erreichte, kam dies in den Diskussionen der Interessengruppe nicht vor.

3 Programmsysteme und Lösungsprozess

In diesem einleitenden Kapitel wird versucht, aus den Untersuchungen zum Lösungsprozess als Arbeitsprozess Anforderungen an die Gestaltung von Programmsystemen abzuleiten.

Am Anfang unserer Diskussion waren viele Mitglieder der Interessengruppe skeptisch, ob eine solche Betrachtung wirkungsvoll ist. Hauptsächlich durch Dieter Herrig wurden wir hinreichend überzeugt, dass dies möglich und sinnvoll ist.

Ausgangspunkt ist, dass informationelle Arbeitsprozesse

- als Arbeitsgegenstände Texte (Schrifttexte, Grafiktexte) haben,
- als Arbeitsmittel Hardware und Software haben und
- Lösungsprozesse (Aufgabenlösungsprozesse oder Problemlösungsprozesse) sind.

Dass Texte hier so hervorgehoben werden, entspricht dem Grundkonzept. Der Begriff „Text“ wurde sehr weit gefasst, es wurden auch Grafiken und Dia-

gramme einbezogen (fraglich, aber für uns praktisch), also waren Texte allgemein Elemente von Sprachen. Allgemein erwartet und gebräuchlicher ist der Begriff der „Software“, der im Laufe der Zeit viele Definitionen erfahren hat. Es gab ja auch eine Zeit, in der in der DDR diese Bezeichnung auf Grund ihrer ideologischen Verbrämung durch „Systemunterlagen“ ersetzt wurde. Wir hatten uns dem nicht angeschlossen, aber auch eine Definition vermieden. Stattdessen wurde leger formuliert:

„Wir verstehen unter Software (im weiten Sinne) alle Texte, die den potentiell universellen Rechner aktuell spezifizieren“.

Eine solche Auslegung habe ich in der modernen Literatur nicht gefunden. Dort bezieht man sich meist auf den Begriff „Programm“, der allerdings kaum besser definiert ist.

Die Arbeitsmittel in Form von Hardware und Software ist in Rahmen und Basen unterteilt. **Rahmen** *organisieren* den Lösungsprozess und bestehen aus:

- Lösungsvorschriften als Szenarien (Szenenbasis),
- Lösungsschritte als Programme (Programmbasis) und
- Lösungselemente als Daten (Datenbasis).

Rahmen und Basen werden in verschiedenen **Ebenen** (Abstraktionsstufen) entworfen, nämlich:

- in der externen Ebene des Fach-Praktikers,
- in der konzeptuellen Ebene des Fach- und EDV-Theoretikers und
- in der internen Ebene des EDV-Praktikers.

Jede Ebene wird durch eine **Schicht** realisiert, die auf die Mittel der darunter liegenden Schicht Bezug nimmt. **Kerne** sind formbezogene Teile (z. B. Grafikkerne, Kommunikationskerne).

An dieser (sehr) allgemeinen Betrachtungsweise orientiert sich nun das weitere **Vorgehen**: um ein Programmsystem zu entwickeln sind, nach Bestimmung der Aufgabenstellung,

- Rahmen auszuwählen bzw. zu entwickeln und
- Basen zu füllen, indem
 - Szenarien für die Lösungsfindung definiert werden,
 - Programme für die einzelnen Lösungsschritte entwickelt werden und
 - Daten als Lösungselemente definiert werden.

Das vollzieht sich in verschiedenen Abstraktionsstufen, d. h. Schichten, unter Nutzung der verschiedenen Kerne.

Eine solche Betrachtung findet man in [4, 8] nicht, dort wird verfahrensorientiert vorgegangen und die allgemeine Struktur und ihr Einfluss auf das Vorgehen treten zurück.

4 Nutzungstechnologie

Unter dieser Überschrift wurde die Frage behandelt, **wie** die zu bearbeitende Aufgabe mittels Programmsystem im Zusammenspiel mit dem Nutzer gelöst wird. Durch seine Arbeit am Programmsystem INTKOS ([2], Abschnitt 7.2) hatte Kuno Schmidt hier insbesondere seine Erfahrungen einbringen können.

Wieder wurde darauf hingewiesen, dass die Kommunikation zwischen Nutzer und Programmsystem über eine geeignete, nutzergerechte (Fach)Sprache erfolgen sollte. In der Neuzeit tritt an diese Stelle die grafische Nutzerschnittstelle (Oberfläche), die man gutwillig auch als grafische Sprache ansehen kann.

Bei der Bearbeitung einer Aufgabe, global oder lokal als einzelner Lösungsschritt, werden die drei Phasen

- Vorbereitung,
- Durchführung und
- Nachbereitung

betrachtet, die sich in ihren Spezifika durch die verschiedenen Nutzungsformen unterscheiden. Deren Unterscheidung wurde vorgenommen nach

- der Stellung des Nutzers zum Arbeitsmittel, d. h. ob er das Programmsystem **direkt** oder **indirekt** (über einen Betreiber) nutzt,
- der Art der Bearbeitung, d. h. ob die Lösung im **Dialog** mit dem Nutzer oder im **Monolog** (Stapelbetrieb, ohne Einflussnahme des Nutzers) erfolgt und
- dem Modus der „Trassenfindung“, d. h. ob der Nutzer **aktiv** Einfluss auf den Lösungsprozess nimmt oder ob er bis auf die Aufgabenstellung die Lösung automatisch bestimmen lässt, also **passiv** bleibt.

Anstelle des „Nutzers“ ist in [4] und [8] der Begriff des „Benutzers“ getreten, allerdings in der einschränkenden Bedeutung eines direkten Nutzers in unserem Sinne ([4], Seite 24):

“**Benutzer** sind nur diejenigen Personen, die ein Computersystem unmittelbar einsetzen und *bedienen*, oft auch Endnutzer oder Endanwender genannt.“

Im Rahmen der Software-Ergonomie werden dann detailliertere Untersuchungen zum möglichen Benutzerverhalten (Anfänger, Gelegenheitsbenutzer, Ex-

perte) gemacht und daraus Gestaltungs- und Bewertungskriterien (etwa für die grafische Benutzeroberfläche) abgeleitet.

In [8], Seite 55, wird zwischen aktiven und passiven Benutzern hinsichtlich ihres Verhaltens bei der Informationssuche unterschieden, was unserem Standpunkt nahe kommt.

Meinen beruflichen Erfahrungen der letzten Jahre an der Universität sagen allerdings aus, dass es immer noch auch unter den ProfessorInnen indirekte Nutzer gibt, die sich scheuen oder weigern, direkt mit dem Computer in Nutzung zu treten. Das sollte weiterhin nicht unberücksichtigt bleiben.

Neben diesen Betrachtungen wurden auch Hinweise zur Wartung und Modifizierung gemacht. Dabei waren die angesprochenen Methoden auf die damals vorhandenen Programmiertechniken bezogen. CASE-Werkzeuge standen, jedenfalls in Verfügung der Interessengruppe, nicht bereit.

5 Architektur

Als Begriffsbestimmung wurde in [2] formuliert:

„Die Architektur eines Programmsystems umfasst die funktionelle und programmtechnische Struktur sowohl des Gesamtsystems als auch seiner Elemente und Teilsysteme. Sie beschreibt die Strukturkomponenten, die Relationen, in denen sie untereinander in Beziehung stehen, sowie die Voraussetzungen, unter denen sie effektiv erzeugt und genutzt werden können.“

Zu diesem Standpunkt hat sich kaum etwas geändert. Balzert schreibt ([4], Seite 639):

„Eine Softwarearchitektur beschreibt die Struktur des Softwaresystems durch Strukturkomponenten und ihre Beziehungen untereinander.“

Es fehlen hier nur die Bemerkungen zu den Voraussetzungen, also die Einbettung in die Umgebung, die uns wichtig erschienen.

Ausführlich wurde auf das Modulkonzept für die Bildung der Strukturkomponenten der Architektur eingegangen. Die strukturelle bzw. modulare Programmierung befand ja in der damaligen Zeit in großer Blüte. Als Begriffsbestimmung wurde formuliert:

„Ein Modul ist eine Zusammenfassung von Ressourcen. In seiner Schnittstelle zur Umwelt (dem Interface) wird exakt festgelegt, welche Ressourcen in welcher Form er (nach außen) zur Verfügung stellt, und welche er (von außen) benötigt.“

Interessant ist die vorgenommene Unterscheidung zwischen *Beschreibung*, *Generierung* und *Nutzung* von Moduln. Aus der Beschreibung, in der die Schnittstelle und der innere Aufbau eines Moduls festgelegt sind, entstehen durch Generierung reale Moduln. Zur gleichen Beschreibung unterschiedlich generierte Moduln können durchaus unterschiedliche Ressourcen bereitstellen. Die Idee der Generierung hat sich gegenwärtig in der generischen Programmierung und deren Ausprägung bei generischen Programmiersprachen (Templates, generisches C#) manifestiert.

Eine zweite Unterscheidung betrifft die Einteilung in *Programmmoduln*, die zur Bearbeitung von Daten dienen, also die Lösungsschritte realisieren (Problemmoduln) und organisieren (Steuermoduln, Dienstmoduln), und *Datenmoduln*, die Lösungselemente darstellen (Problemdaten) sowie Lösungszustände beschreiben (Organisationsdaten). Die Datenmoduln stellen auch Funktionen als Ressourcen zur Verfügung. Insofern entsprechen sie der Idee der Datenkapselung.

Zwischen den Moduln wurde als wesentliche Beziehung das gegenseitige *Aktivieren* betrachtet, wobei insbesondere auch die Nutzung von Ressourcen eines Moduls als Aktivieren verstanden wurde. Jegliche Möglichkeit des gegenseitigen Aktivierens sollte in der Schnittstelle detailliert, also auch die spezielle Erlaubnis der Nutzung gewisser Ressourcen durch gewisse Module, fixiert sein. Über die Aktivierungs-Beziehung wurden verschiedene Strukturierungsformen (Symmetrie, Rekursionsfreiheit, Hierarchie) hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile bzw. sonstigen Konsequenzen diskutiert.

Mit der Ära der Objektorientierung wurde das Modulkonzept abgelöst und leider abgeschwächt. An Stelle des Moduls trat das Paket, der Namensraum oder die Klasse. Zwar wurde der Begriff der Schnittstelle beibehalten, im obigen Sinne handelt es sich dabei aber mehr um einen Teil der Beschreibung einer Klasse. Einschränkungen der Nutzung durch andere Klassen (bzw. deren Instanzen) sind nur in genereller Form (alle oder keine über öffentlich oder privat) und bezüglich der Vererbungshierarchie (geschützt) möglich. Pakete und Namensräume fassen lediglich Klassen zusammen, die nach außen freigegeben oder gesperrt werden können.

6 Steuerung

Die konsequente Auslagerung einer separaten Steuerung geht auf das Konzept zurück, dass Lösungsvorschriften als Szenarien in der Szenenbasis abgelegt sind und durch eine Steuerung zu interpretieren oder zu kompilieren sind. Die explizite Trennung der Steuerung von den einzelnen Lösungsschritten bringt mehr Übersicht, bessere Chancen für die Verifikation und eine leichtere Wartung bzw. Modifikation.

Die im Buch diskutierten unterschiedlichen Formen von Szenarien wie Zustandsautomaten, ablauforientierte oder datenflussorientierte Szenarien findet man in der UML (Unified Modeling Language) bei den verschiedenen Diagrammen wieder [5, 6]. Der Unterschied besteht aber darin, dass die UML ein Modell beschreibt, auf dessen Grundlage dann eine Implementierung nach dem Geschmack des Programmierers entsteht, während die Szenarienbasis die Implementierung bereits einschließt.

Mit der fast ausschließlichen Kopplung einer Anwendung an eine grafische Nutzeroberfläche ist die Ereignissteuerung der Anwendung unvermeidbare Konsequenz. Dies hat sicher gewisse Vorteile, aber auch den Nachteil, dass in der Implementierung schnell die Übersicht über mögliche Ereignisfolgen und deren Auswirkungen verloren geht. In [3] wurde ein Konzept entwickelt, wie man aus einer separaten Spezifikation der Ereignisse und ihrer Zusammenhänge automatisch eine Implementierung gewinnen kann und zugleich Mechanismen zur Verifikation bereitstellt.

Auch die objektorientierte Programmierung verteilt die Steuerung auf die gesamte Anwendung. Das Grundkonzept eines Objekts als Datenkapsel, die auch die Zugriffsroutinen einschließt, ist grundsätzlich zu begrüßen. Das war bei den Datenmodulen analog vorgesehen. Ein problematischer Nebeneffekt in der Objektorientierung (siehe zum Beispiel SMALLTALK) besteht aber darin, dass Objekte über die Methoden Informationen austauschen sollen und dadurch im Wesentlichen der gesamte Programmablauf definiert ist. Falls man diesem Konzept konsequent folgt, wird dadurch die Steuerung integriert und nicht separiert.

7 Entwicklungstechnologie

Die Entwicklungstechnologie war kein Schwerpunkt der Untersuchungen der Interessengruppe. Es wurden deshalb nur allgemeine Betrachtungen aufgenommen, die entweder aus der Literatur entnommen wurden oder sich aus den eigenen Erfahrungen ergaben. Es wurden lediglich die drei Phasen

- Planung,
- Entwurf und
- Implementierung

unterschieden.

Diese sehr allgemein gehaltene Betrachtungsweise wird mittlerweile viel detaillierter behandelt. Balzert [4] unterscheidet

- Planung,
- Definition,
- Entwurf,

- Implementierung,
- Abnahme und Einführung sowie
- Wartung und Pflege.

Die jetzt intensivere und genauere Beschäftigung mit der Entwicklungstechnologie ist der Tatsache geschuldet, dass Softwareentwicklung von einer individuellen Tätigkeit zunehmend zu einer Produktionsform übergegangen ist. Die Mitglieder der Interessengruppe waren damals nur in kleinen Kollektiven oder gar als Einzelperson in der Softwareentwicklung tätig.

8 Modellierung

Die Modellierung wurde einschränkend als *mathematische* Modellierung verstanden. Drei Ziele sollten verfolgt werden:

1. Das formale Modell soll die Grundlage einer konzeptuellen Ebene sein, einschließlich der Angabe von Transformationsregeln zur externen Ebene (Schnittstelle zum Nutzer) und zur internen Ebene (Implementierung).
2. Aus dem Modell sollen praxisrelevante Aussagen wie Struktureigenschaften, Zuverlässigkeit, Datenflusseigenschaften, Effizienz, usw. gewonnen werden.
3. Die Modelle sollen eine generelle Entwurfsgrundlage für Programmsysteme liefern.

Die Arbeit der Interessengruppe war auf das zweite Ziel konzentriert, unterschieden nach determinierten und stochastischen Methoden.

Bei ersterem wurde die Datenflussanalyse in sogenannten **schwach interpretierten Programmschemata** nach [1] genauer vorgestellt. In einem Programmschema wird die Bedeutung der Operatoren (Lösungselemente) ignoriert, sie wird erst durch eine Interpretation hinzugefügt. Schwache Interpretation bedeutet, dass lediglich gewisse Vorgaben bzw. Bedingungen an die Bedeutungen, wie zum Beispiel Invarianz bezüglich Werteänderung gewisser Datenbereiche, gemacht werden. Durch die Datenflussanalyse kann man zum Beispiel Hinweise auf die strukturelle Gestaltung und auf die Steuerung gewinnen. Das kann zur Optimierung des Systems genutzt werden. Diese Technik wurde ursprünglich für die Programmoptimierung in Compilern entwickelt, kann aber auf Programmsysteme übertragen werden, falls die Steuerung als separate Komponente existiert.

Bei den stochastischen Methoden wurden Markov-Ketten eingesetzt, um das Leistungsverhalten zu analysieren. Zum Beispiel kann man unter gewissen Voraussetzungen ermitteln, mit welcher Wahrscheinlichkeit welche Zustände erreicht werden. Man hat damit ein gewisses Maß für die Zuverlässigkeit eines Programmsystems, wenn man sich etwa auf gewünschte Endzustände oder

unerwünschte Fehlerzustände bezieht. Auch Überschlagsrechnungen zur erwarteten Rechenzeit sind möglich.

Es wird nochmals betont, dass diese Betrachtungen als Grundvoraussetzung eine entsprechende Architektur des Programmsystems haben!

Im Rahmen der Softwaretechnik wird intensiv mit Modellen gearbeitet, UML soll dazu die einheitliche Sprache sein. Nach meinem Verständnis handelt es sich dabei aber nicht um mathematische Modelle, was eine mathematische Analyse unmöglich macht.

Zwar widmet sich in [8] der Teil 1 mit 136 Seiten der Systemanalyse, allerdings in einer sehr allgemeinen, aus meiner Sicht zum Teil sehr pragmatischen, Weise. Das kann ja methodisch nützlich sein, liefert aber keine objektiven und quantitativen Aussagen. Modellierung widmet sich hauptsächlich dem ersten Ziel.

Auch in [4] wird ein solcher Ansatz verfolgt, Objektorientierung (Analyse, Entwurf, Implementierung) als Methode der 90er Jahre proklamiert. Es wird ausgesagt, dass bis 1994 etwa 50 verschiedene Analysemethoden entwickelt wurden, eine Wertung habe ich nicht festgestellt.

Natürlich existieren weiterhin umfangreiche Untersuchungen zur mathematischen Modellierung von Software (Programmsystemen). Dazu gehören zum Beispiel modale und temporale Logik, Model-Checking, Petri-Netze, algebraische Ansätze usw. In die Software-Technik echt integriert scheinen diese aber nicht zu sein.

9 Resümee

Die Interessengruppe hatte sich bereits zur damaligen Zeit einem Gegenstand gewidmet, der heute sehr aktuell ist, sich natürlich in der Betrachtungsweise, Schwerpunktsetzung und Begriffsbildung gewandelt hat. Die verfügbare Rechentechnik (Hardware und Software) war damals wesentlich bescheidener bezüglich der zeitlichen und räumlichen Ressourcen und der möglichen Nutzungsformen. Die Software*produktion* stand am Anfang und wurde von den Mitgliedern der Interessengruppe in ihrer Entwicklung nicht prognostiziert. Das hatte Konsequenzen auf die gezogenen Schlussfolgerungen.

Als bemerkenswerte Gedanken möchte ich zusammenfassend herausstellen:

- die Einordnung von Programmsystemen in allgemeine Aufgabenlösungsprozesse mit der Strukturierung des Arbeitsmittels in Rahmen und Basen,
- die Orientierung auf die Nutzung entsprechender Sprachen für die Beschreibung der verschiedenen Entwicklungsschritte und Komponenten,
- die Betrachtungen zur Nutzungstechnologie,

- die Unterscheidung verschiedener Modularten im Rahmen der Architektur,
- die separate Behandlung der Steuerung eines Programmsystems und
- die konkreten Methoden zur Modellierung.

Leider wurde das Buch nur in einem gewissen Teil der Welt zur Kenntnis genommen (1988 im Moskauer Verlag Mir auf Russisch herausgegeben). Es wird in der modernen Literatur zur Software-Technik nicht zitiert, also hatte es kaum oder keinen Einfluss auf die entsprechende Entwicklung, die in einigen Positionen andere Wege ging. Ob diese anderen Wege in jeder Hinsicht besser sind und sich bewähren werden, ist aber noch nicht entschieden.

10 Literatur

- [1] BACHMANN, P. (1977): Data-Flow-Analysis in Weakly Interpreted Program-Schemes. *Information Processing 77, North-Holland Publishing Company (1977), S. 63-68.*
- [2] BACHMANN, P. (Hrsg.) (1983): Programmsysteme: Anwendung-Entwicklung-Fundierung. *Akademie-Verlag Berlin.*
- [3] BACHMANN, P. (2006): Formal Verification of Event Driven Systems. *BTU-Cottbus, Computer Science Reports 03/06, October 2006, S. 43-54.*
- [4] BALZERT, H. (1996): Lehrbuch der Softwaretechnik. *Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag..*
- [5] BURKHARDT, R. (1997): UML – Unified Modeling Language. *ADDISON-WESLEY Longman Verlag GmbH.*
- [6] FOWLER, M. & SCOTT, K. (1998): UML konzentriert. *ADDISON-WESLEY Longman Verlag GmbH.*
- [7] HANTZSCHMANN, K. (2008): N. J. Lehmann – sein Wirken für die Informatik in der DDR. 3. Symposium „Informatik in der DDR“, *Dresden.*
- [8] KOREIMANN, D. S. (2000): Grundlagen der Software-Entwicklung. *München, Wien: R.Oldenbourg Verlag.*
- [9] LEHMANN, N. J. (1974): Aufbau und Organisation von Programmpaketen. *TU Dresden, Schriftenreihe WBZ MKR/IV, Heft 8/74, S. 1-7.*

Von der MOPS zur Software-Technologie

Stationen der Software-Entwicklung in der DDR

GÜNTHER BAUER

guenther.bauer@web.de

In dem Beitrag wird die Herausbildung der Software-Technologie in der DDR skizziert. Beginnend bei der R300-Sprache MOPS werden wesentliche Stationen wie GOTO-Freiheit, interaktive Programme und Daten-Strukturierung diskutiert.

1 Die Ära der Programmiersprachen

Setzen wir den R300 als Startpunkt für den flächendeckenden Einsatz von EDV, so ist mit MOPS (Maschinen-orientierte Programmiersprache) der Beginn der breiten Programmierung markiert. Autoren von der HU wie Lemgo, Paulin und Tschirschwitz sind an der Startlinie zur Verbreitung von MOPS mit auszumachen (Verlag Wirtschaft 1970). Die Programmierung liegt auf der Stufe der Assembler-Sprachen und den damit gegebenen Möglichkeiten. Dennoch wurde damit z. B. bereits 1970 für einen eigens um einen Multiplexkanal erweiterten R300 ein Multi User System für das Training von Managern aus Betrieben und Kombinatn entwickelt (Trainingszentrum der Akademie der marxistisch-leninistischen Organisationswissenschaften der DDR in Berlin-Wuhlheide). Eine für uns beteiligte Programmierer seinerzeit völlig neuartige und auch etwas anspruchsvollere Aufgabe.

Programmiersprachen sind die notwendige Voraussetzung zur Nutzung von Rechnern. An die damit verbundenen Aufgaben erinnert Abbildung 2. Grundlagen formaler Sprachen und sich herausbildende Rechnerarchitekturen brachten Akademiker und Praktiker auf dem zu dieser Zeit sehr belebten Feld des Compilerbaus zusammen.

1968 wurde die Arbeitsgruppe „Programmiersprachen und Übersetzertechnik“ unter Leitung von I. O. Kerner als Forschungsgruppe „Programmiersprachen“ gegründet. (s. ALGOL68, Riedewald Informatik Uni Rostock). Und, Kerner war von 1965 bis 1983 Mitglied der IFIP-WG 2.1 ALGOL.

In den Studierstuben wurde gern mit PASCAL, MODULA, ADA oder gar Oberon experimentiert; in der Praxis wurde PL/1 oder auch FORTRAN eingesetzt.

Die Bemühungen, ALGOL68 für den Programmier-Alltag verfügbar zu machen, waren bekanntermaßen nicht erfolgreich. Sicherlich eine gute Vorlage für die Diskussion zur häufig aufgegriffenen These: „Nichts ist praktischer als eine gute Theorie“.

Sprachen für EDVA		
Rechner	Sprache	Referenz-Beispiele
R300 (1968)	MOPS MACRO-MOS ALGOL 60	Lemgo,K. Tschirschwitz,R. Einführung in die Programmierung des Robotron 300 Verlag Technik 1969
R21 (1971)	Assembler RPG FORTRAN (Basis) PL/1 (Subset)	Kubisch,W. Witschurke,R. ALGOL 60 für Robtron 300 Die Wirtschaft 1970
EC 1040 (1972)	... FORTRAN IV PL/1 COBOL	Bär,D. Grundstufe COBOL-Progrg Verlag Technik 1968
EC 1055 (1979)	... FORTRAN ALGOL PASCAL CDL	Paulin,G. FORTRAN: Kodierung von Formeln Verlag technik 1968
EC 1057 (1987)	... FORTRAN 77 MODULA 2	Stempell,D. Einführung PL/1 Verlag Technik 1971
		Forbrig,P: Progrg mit Pascal Verlag Technik 1972

Abbildung 1: Programmiersprachen für R300 und ESER

Das japanische Programm zur Entwicklung von Rechnern der fünften Generation und entsprechender Software führte dann noch zu einem (kurzzeitigen) Höhenflug der Sprachen LISP und PROLOG in der DDR.

Heutzutage sind Übersetzer (für Standardsprachen) weit verfügbar. Und Binär-Code wie bei Java macht es möglich, einmal geschriebene Quellprogramme auf ganz unterschiedlichen Prozessoren wie in einem Handy oder auf den Rechnern eines A380 auszuführen.

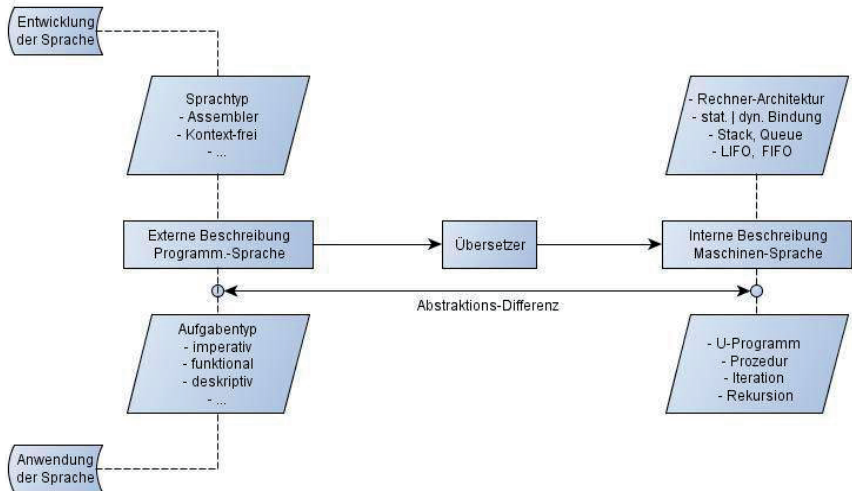


Abbildung 2: Hauptaufgabe Programmiersprachen

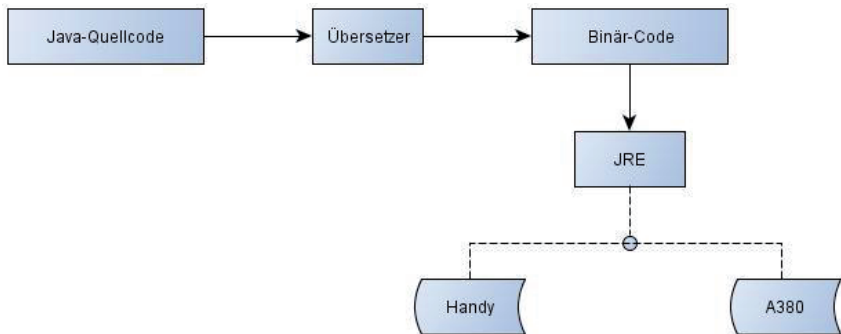


Abbildung 3: Eine Sprache – unterschiedliche Architekturen

2 Die Automatisierungswelle

In den späten 60er und Anfang der 70er Jahre machte sich in der DDR eine gewisse Euphorie bezüglich der Möglichkeiten der Automatisierung breit.

So wurde z. B. für den Flughafen Schönefeld die Vision verfolgt, eine durchgängig automatisierte Gepäckabfertigung bereitzustellen, wie sie in Denver (Denver International Airport, Baubeginn 1988, Fertigstellung 1993) – übrigens unter großen Anlaufschwierigkeiten – erst in den Jahren 1993 bis 1995 in Betrieb genommen wurde. (Dieser Vergleich lässt die Komplexität einer solchen Aufgabe erahnen.)

Die Mathematiker (der Akademie der DDR) rechneten 'Große Systeme'. „Ich wurde in eine Kommission Große Systeme berufen. ... Ich kann mich an kein einziges vernünftiges Resultat erinnern. Dabei lag ein Negativergebnis auf der Hand. ... Nämlich, dass eine zentrale Steuerung eines so großen Systems wie es eine Volkswirtschaft war, nicht funktionierte.“ (Helga Königsdorf „Landschaft in wechselndem Licht“, AtV 2005, S. 145)

Die Software-Technologie stellte zunächst R300-Typenprojekte (Zentralinstitut für Automatisierung Dresden, später Institut für Datenverarbeitung Dresden) und dann Problemorientierte Systemunterlagen (POS) bereit.

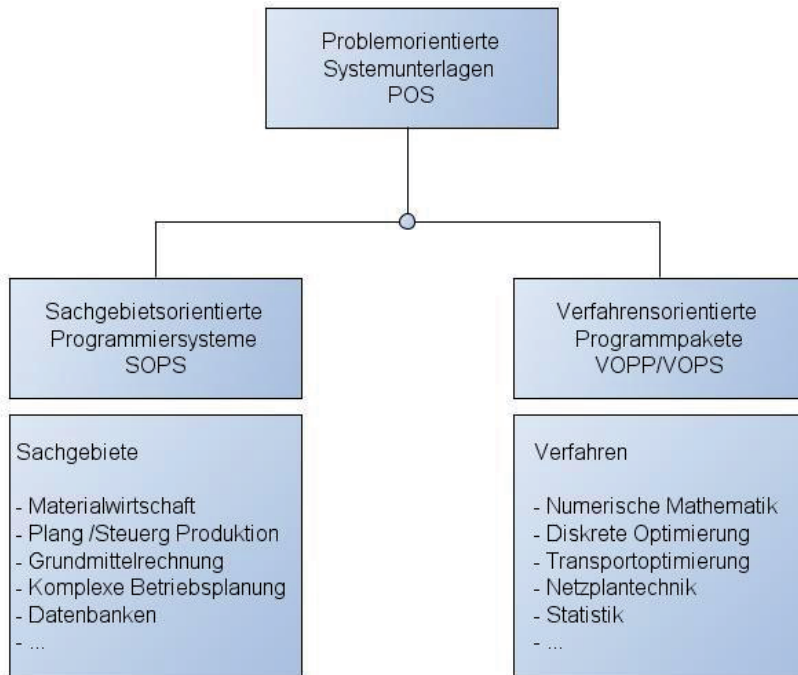


Abbildung 4: Übersicht POS von Robotron (s.d. rt/dv Beiheft 1, 1972)

Derartige Software wurde zunächst vor allem in MOPS geschrieben (Ende 1968 305 Mitarbeiter des idv). Die Linie Typenprojekte wurde aufgrund von Realisierungsproblemen nicht bis zum Ende verfolgt. Als wesentliche Schlussfolgerung wurde festgehalten: „Allgemeingültige und variable Software muss die Problemvariabilität gewährleisten sowie ...“ (Merkel und Junge 2006, S. 3) SOPS wurden 1968 bis 1974 (DOS bzw. DOS/ES und OS/ES); VOPP/VOPS von 1969 bis 1989 entwickelt. (Am Rande sei vermerkt: Das Rechenzentrum

für den Airport BBI wurde im Juli 2010 mit rund 500 Servern, deren Leistungsvermögen dem von etwa 8000 PC entspricht, fertig gestellt.)

3 Die Software-Krise

Bereits in den 60er Jahren wurden die Programmentwickler weltweit unruhig. Die Programme wurden lang und länger, sie wurden zu komplex. Die Programmierer waren den Anforderungen nicht mehr gewachsen – es gab eine Software-Krise. Die wesentliche Ursache ging zurück auf eine Beobachtung von Dijkstra: Die Zahl der Fehler in einem Programm ist direkt proportional der Anzahl der GOTOs.

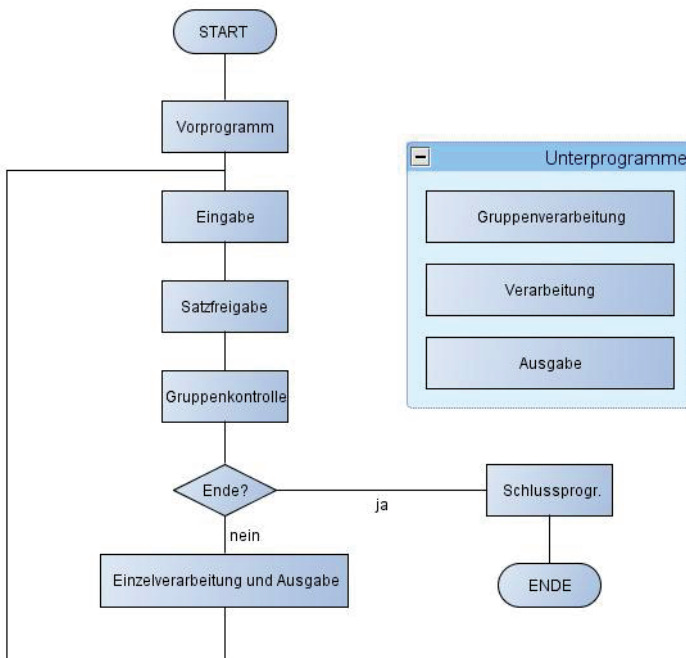


Abbildung 5: Schema Normierte Programmierung

Die erste Schlussfolgerung lautete deshalb: GOTO-Freiheit. Insgesamt war eine verbesserte Systematik bei der Konstruktion von Programmen erforderlich. Denn, so wurde gezeigt: Gut strukturierte Programme haben weniger Fehler und sind leichter zu warten (Gesetz von Dijkstra, Mills & Wirth, vgl. Endres und Rombach 2003). O. Herrlich (TU Dresden) setzte sich ein für die Normierte Programmierung. Ihr Prinzip: Verallgemeinerung bestimmter Pro-

Mit dem MVC-Paradigma (1979) entstand ein grundlegendes Architekturmuster für die Implementierung der Interaktion. Die nunmehr völlig neuartigen Benutzungsoberflächen brachten zusätzliche Anforderungen an die Programmentwickler mit sich. Zum einen in Bezug auf weitere Komponenten im Programm, zum anderen hinsichtlich der Berücksichtigung psychologischer Faktoren der Benutzer wie Belastbarkeit (des Kurzzeitgedächtnisses), sichere Führung etc. Die Software-Ergonomie musste entwickelt werden. Die Sektion Psychologie der HU Berlin (H. Wandke) z. B. lieferte zahlreiche Beiträge dazu. Und mit dem CUA (Common User Access) von IBM im Jahre 1987 entstanden die grundlegenden Bausteine für unsere heutigen Oberflächen und führte letztlich auch zum Prinzip des WYSIWYG. Natürlich darf das Design einer Oberfläche auch elegant sein. Die weitaus tiefer gehende Problematik ist jedoch die Gestaltung von Arbeit beim Einsatz von Rechnern. Die Sektion WTO (HU Berlin) und die Arbeitswissenschaftler der TU Dresden (W. Hacker) waren treibende Kräfte bei der Entwicklung der Gedanken zu Partizipation des Anwenders und zu Arbeits- sowie Organisationsgestaltung für EDV-Anwendungen. Parallel dazu entwickelte sich eine – auch philosophisch basierte – Diskussion über den Stoff, der da maschinell bearbeitet werden sollte: Information. HU Berlin und Akademie der Wissenschaften mit Protagonisten wie Fuchs-Kittowski, Wenzlaff, Klix oder Völz waren Zentren der Ideen-Entwicklung. Im Moment findet man die wesentlichen Elemente der Software-Ergonomie unter dem Begriff *Usability*.

5 Die Daten-Strukturierung

Programmentwickler haben in der Zeit der Programmiersprachen besonders gern in Stacks und Queues, in LIFO und FIFO etc. gedacht. Aber auch bei externer Sicht auf zu verarbeitende Daten in Form des *Datensatzes* zeigten sich Schwierigkeiten bei der Beschreibung von Objekten der Realität. Beim Betrachten eines Gebildes der Art

NAME	VORNAME	NUMMER	BETRAG
------	---------	--------	--------

sind selbst viele Fachleute der (unzutreffenden) Meinung, man hat eine Daten-Struktur vor sich. Die vorliegende Form gibt u. a. keine Auskunft über die Bedeutung (Semantik). Ordnet man einzelnen Elementen Bedeutung zu, wird der Raum für mögliche Assoziationen eingeengt. Setzen wir z. B.

NAME	VORNAME	---	Person
NUMMER		---	Kontonummer
BETRAG		---	Summe

so meinen wir sofort, die EDV-technische Beschreibung eines Bankkontos und seines Inhabers vor uns zu haben. (Es könnte aber auch der Bearbeiter eines Kontos beschrieben sein.) Erhält NUMMER die Bedeutung Versicherungs-

nummer, ist die Semantik unseres Gebildes sofort völlig anders. Somit wird deutlich: Ein und dieselbe Struktur repräsentiert zwei unterschiedliche Objekte (und weitere sind leicht denkbar). Und was ist dabei die Daten-Struktur? Es gab also einigen Klärungsbedarf, und so wurde neben der 'gängigen' Beschäftigung mit Datenbanken (BASTEI, DBS/R, ...) auch tiefer über das Wesen von Daten und deren Strukturierung nachgedacht (z. B. Fuchs-Kittowski u. a. 1976). Der Ansatz zur Lösung des angegebenen Problems ist, eine präzise Beschreibung des Terminus *Datenstruktur* herauszuarbeiten.

Das Ergebnis ist in der Abbildung 7 dargestellt. Gewonnen haben wir

- Definition: Daten-Struktur ist die Menge der (invarianten) Beziehungen zwischen Daten-Elementen.
- Erklärungsmodell: WAS ist eine (Aufgaben-bezogene) Datenstruktur.
- Konstruktionsregeln: WAS muss festgelegt werden.

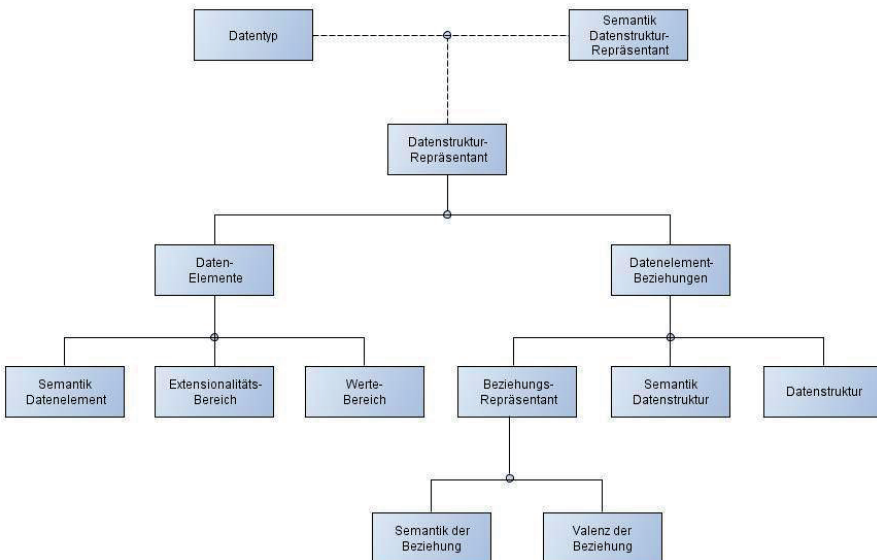


Abbildung 7: Begriffsbestimmung 'Datenstruktur' (Bauer 1986)

Verwendet man nun die mathematisch bestimmten Eigenschaften der Beziehungen (Relationen) zwischen den Daten-Elementen, so lässt sich folgende grundlegende Systematik von Daten-Strukturen herleiten (Bauer 1985, 1988).

Datenstruktur-Typ	Kategorie der Relation
Lineare Ordnung <ul style="list-style-type: none"> - Sequenz - Tupel - Vektor 	Lineare Ordnungsrelation
Zerlegung einer Menge <ul style="list-style-type: none"> - einfache Zerlegung - genestete Menge - Baum 	Äquivalenzrelation
Graph <ul style="list-style-type: none"> - azyklisch - allgemeine Liste 	Gesamtwertebereich-Relation
Assoziative Struktur	unbeschränkte Relation

Nimmt man nun eine Notationsform hinzu, wie sie z. B. später mit XML (1998) entstanden ist, so wird exakt vorgegeben, WIE eine Objektbeschreibung mittels Daten auszuarbeiten ist.

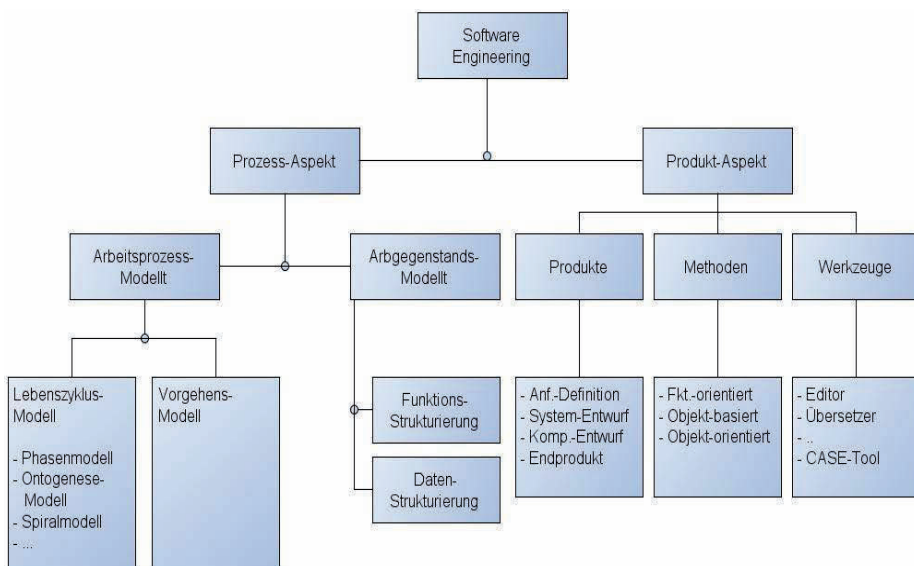


Abbildung 8: Struktur-Bild Software Engineering (Software-Technologie)

Werden Einsichten solcher Art auf die o. a. Datenstruktur-Repräsentanten *Konto* bzw. *Versicherung* angewandt so zeigt sich, dass zwei Mal die gleiche Datenstruktur, nämlich die lineare Sequenz, vorliegt.

6 Software-Technologie

Zunächst galt es, den Begriff *Software-Technologie* sowohl intentional als auch extensional auszuarbeiten. Dabei wurde u. a. sehr auf Kompatibilität zum altherwürdigen Begriff *Technologie* geachtet. Mit dem Strukturbild wurde ein entsprechendes Ergebnis vorgelegt (Bauer 1989). Eine weiterentwickelte Variante davon wird in Abbildung 8 gezeigt.

Die Zweiteilung in Prozess- und Produkt-Aspekt ist ein geeigneter Ausgangspunkt, um Produktions- und Konstruktions-Systematik auszuarbeiten. So wurde an der HU Berlin das sogenannte Ontogenese-Modell entwickelt. Ontogenese durchaus im Sinne der individuellen Entwicklung eines Projekts.

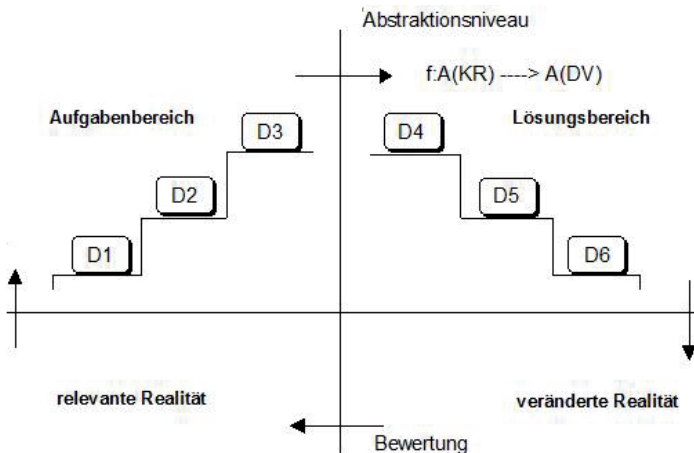


Abbildung 9: Ontogenese-Modell (Bauer 1989)

Dieses Modell hat folgende Vorzüge:

- Vier deutlich unterschiedene Bereiche, über die „nachgedacht“ werden kann.
- Wechsel von einem Bereich zu einem anderen ist zu jedem Zeitpunkt möglich, also wird z. B. keine starre Abfolge verlangt.
- Die Vorstellung der Modellierung wird mit dem Aufgabenbereich besonders unterstützt durch die stufenweise Formalisierung und Erhöhung der Abstraktion von der relevanten Realität.
- Die Unterscheidung zwischen relevanter und veränderter Realität hebt deutlich hervor, dass mit der Entwicklung von Anwendungen die Wirklichkeit verändert, also Systemgestaltung vorgenommen wird.

- Das Modell lässt sich zuschneiden (konkretisieren) auf unterschiedliche Entwicklungsszenarien.

Die Software-Technologie (bzw. das Software Engineering) ist heutzutage eine respektabel ausgebaute wiss. Disziplin. Umso erstaunlicher, dass noch immer Softwareprojekte völlig missraten. Jüngstes Beispiel: Das SIS II (Schengener Informationssystem) kommt mindestens zehn Jahre später und wird wohl mit ca. 150 Mio. Euro zehnmal teurer als geplant (vgl. MOZ). Gegenwärtig liegt der Fokus des Interesses auf Software-Architektur.

7 Literatur

- [1] BAUER, G. (2009): Architekturen für Web-Anwendungen. *Vieweg + Teubner*.
- [2] ENDRES, A. & ROMBACH, D. (2003): A Handbook of Software and Systems Engineering. *Pearson Education Ltd*.
- [3] FUCHS-KITTOWSKI, K.; KAISER, H.; TSCHIRSCHWITZ, R. & WENZLAFF, B. (1976): Informatik und Automatisierung. *Berlin*.
- [4] HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN, ORGANISATIONS- UND RECHENZENTRUM (Hrsg.) (1985): Systematik der Prinzipien der Datenstrukturierung. *Informatik-Skripten 1*.
- [5] HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN, ORGANISATIONS- UND RECHENZENTRUM (Hrsg.) (1986): Datenstruktur – eine zentrale Kategorie der Softwaretechnologie. *Informatik-Skripten 2*.
- [6] HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN (Hrsg.) (1988): Technologische Betrachtung der Datenstrukturierung. *Diss. B*.
- [7] HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN, ORGANISATIONS- UND RECHENZENTRUM (Hrsg.) (1989): Grundlagen der Software-Technologie. *Informatik-Skripten 9*.
- [8] ENDRES, A. & ROMBACH, D. (2003): A Handbook of Software and Systems Engineering. *Pearson Education Ltd*.
- [9] FUCHS-KITTOWSKI, K.; KAISER, H.; TSCHIRSCHWITZ, R. & WENZLAFF, B. (1976): Informatik und Automatisierung. *Berlin*.
- [10] (1972): Kurzbeschreibung der Systemunterlagen. *rt/dv 1. Beiheft, S. 20-65*.
- [11] MERKEL G. & JUNGE, S. ET AL. (2006): Sammlung von Beiträgen zur Geschichte der Zentralen Forschungs- und Entwicklungseinrichtung des VEB Kombinat Robotron. *Sprachen und Compiler für EDVA*.
- [12] MOZ (04.06.2010). *Märkische Oderzeitung, S. 4*.

Prozesssteuerung an der Sektion Informationsverarbeitung der TU Dresden

Forschung, Überführung in die Praxis und Ausbildung

ERWIN SCHMIDT

Erwin.Schmidt@tu-dresden.de

An der 1969 gegründeten Sektion Informationsverarbeitung der TU Dresden wurde im Bereich von Prof. Dr.-Ing. Heinz Stahn zur Steuerung diskreter Prozesse mit Anwendungsziel Maschinenbau geforscht. Wegen geringer Kapazitäten für die Automatisierung in allen Bereichen bestand die Chance und gleichzeitig die Notwendigkeit, die Ergebnisse unter Mitwirkung der Firmen in die Praxis zu überführen und dort zu überprüfen. Nach Entwicklungsarbeiten zu einer Robotersteuerung wurden Einsatzvarianten derselben bearbeitet. Parallel dazu entwickelte Dr.-Ing. Martin Engelen eine Allgemeine und Rekursive Strukturierung zur Algorithmenprojektierung [2], die dabei und in Fertigungssteuerungsprozessen im Bereich CAM angewendet und verifiziert wurde [3]. Die Rekursion erfolgt unter Zuhilfenahme fachbezogener heuristischer Methoden, deren Fehlen bei Anwendung in der Studentenausbildung zu unterschiedlichen Resultaten führen kann. Mit der Verbesserung der technischen Möglichkeiten konnten größere Vorhaben bedienerfreundlicher realisiert werden.

1 Robotersteuerung IRS 650

Im VEB NUMERIK Karl-Marx-Stadt wurde eine Steuerung auf Basis von 8-bit-Prozessoren und einer NC-Sprache [5] vorwiegend für den Einsatz im Maschinenbau mit Gelenkrobotern des Kombinati Fortschritt entwickelt, für welche wir das Satzbetriebssystem (SABE) erstellten.

1.1 Satzbetriebssystem IRS 650

Das Satzbetriebssystem (SABE) wurde von einer von Numerik vorgegebenen Zentralen Ablaufsteuerung aufgerufen und nutzte deren Achssteuerung, E/A-Steuerung (je 48 Stück) und Bedienblendensteuerung. Es standen 11 kB EPROM und 0,5 kB RAM als Speicher zur Verfügung.

Zur Steuerung der sechs Betriebsarten wurde je nach Stellung eines Betriebsart-Wahlschalters von einem Rahmen-Steuermodul auf entsprechende

Betriebsart-Steuermodule verzweigt. Die Funktionen der Module wurden mittels Zustandsgraphen modelliert. Zur Abarbeitung stellte der Rahmen-Steuermodul einen „Verteiler“ bereit, eine frühe Form eines Zustandsgraphen-Interpreters. Entsprechend dem Wert der Zustandsgröße verzweigte dieser in das jeweils aktuelle Zustands-Unterprogramm, in dem die zulässigen Zustandsübergänge behandelt wurden.

Die Programmierung erfolgte in NC-Sprache entweder textuell (durch Technologen oder per direkter Eingabe an der Bedienblende) oder an der Steuerung mittels indirektem Teach-in über die Bedienblende. Eine Kombination beider Methoden war möglich durch die Änderung vorgefertigter Sätze während des Testlaufes nach den Methoden des „hot editing“. Da die Steuerung intern nur mit einem Objektcode arbeitete, bekam das SABE ein Übersetzersystem von der NC-Sprache zur Ausführung und ein Rückübersetzersystem für die Anzeige und Ausgabe. Ein Zwischencode gestattete eine effektive Implementierung.

Für die Programmierung von Gelenkrobotern in kartesischen Koordinaten entwickelte die Sektion Mathematik der TU eine sehr schnell und genau arbeitende Koordinatentransformation.

1.2 Bedienalgorithmen

Tabelle 1: BAUTO (Auszug) B-blinkend, L-leuchtend, ZL-Ziffern leuchtend, „X“-Taste X

Nr.	Bedingung Anzeige	Bedienwunsch	Aktionen	Sprung zu	Kommentar
1.1.	B: % ,L,N	Programm anstellen	„%“ (oder „L“)	3.1.	(zum Test evtl. auch UP)
1.4.	„	BA beenden	–	BRAHM	Zu BA-Wahl
3.1.	L: N	Programm-Nr. eingeben, beenden	„ZI“... -> „BE“	3.2.	1 oder 2 Ziffern
3.2.	L: N ZL:Satznr.	Nr. ändern	„ZI“ ...	3.3.	Vorschlag 1. Satznr.
3.3.	„	Wahl beenden	„BE“	4.1.	
4.1.	B:START , SCHR,EF	Automatiklauf	„START“	5.1.	Routinebetrieb

Ein Bildschirm wie an Numerischen Bearbeitungszentren war nicht vorhanden. Zur Bedienerführung wurden LEDs der Tasten und die Ziffernanzeige leuchtend oder blinkend geschaltet. Dann konnte dem Bediener eine Darstellung in

Form einer Entscheidungstabelle mit allen, insbesondere auch selten zulässigen, Handlungen gegeben werden. Tabelle 1 zeigt das Prinzip in einem Auszug, in Quelle [5] ist der Bedienalgorithmus für das Programmieren angegeben. Zusätzlich wurden Standard-Handlungsfolgen zur ersten Einarbeitung in die Bedienalgorithmen und andererseits Graphen-Darstellungen unter Weglassung der Aktionen und Kommentare für erfahrene Bediener abgeleitet.

1.3 Einsatz bei Zellensteuerungen im Kombinat Fortschritt [8]

Stufenlose Getriebe (Variatoren) sollten in zwei Zellen montiert werden. Die Pressen P1/P2 und die Schraubstation SS besaßen Eigenbau-Steuernungen, die Roboter die IRS 650. Weiterhin waren Spanntisch ST, Kleinteilelager KT und Rollenbahnen 6-13 vorhanden. Jede Zelle verfügte über eine Speicherprogrammierbare Steuerung MRS 700, auf der eine relativ autonome Zellensteuerung die Stationssteuerungen entsprechend des Arbeitsplans für einen von 11 Variatortypen koordinierte. Die Kopplung mit den Stations-Steuerungen, also auch mit der IRS wurde über digitale Ein- und Ausgänge realisiert. Nach Starten des jeweiligen Roboterprogramms wurden z.B. in der Presszelle Führungsbuchsen mit mehreren Kleinteilen in Presse 1 komplettiert und auf Presse 2 Scheibenhälften vormontiert, bevor sie nach Rollenbahntransport in der Schraubzelle zusammengeschraubt werden konnten.

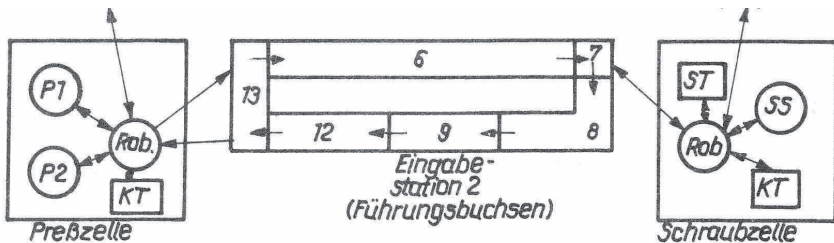


Abbildung 1: Ausschnitt Variatormontage: Zellen

1.4 Einsatz an der TU Dresden

Anfang des Jahres 1986 konnten wir schließlich ein Funktionsmuster der Steuerung mit einem 10-kg-Gelenkroboter des Kombinats Fortschritt am Lehrstuhl von Prof. Zachau an der Fakultät Maschinenwesen als „Intersektionelle Zusammenarbeit“ im Beisein des Rektors in Betrieb nehmen.

Wegen Schwerpunktverlagerung nach der Gründung des Informatik-Zentrums im Herbst 1986 ist der beabsichtigte Einsatz bei der Ausbildung der Informatik-Studenten allerdings nicht realisiert worden.

2 CAMARS-Technologie [3]

Computer Aided Manufacturing Systems (CAM-Systeme) besitzen lokale Steuerungen auf Stationsebene und benötigen übergeordnete Koordinations-ebenen. Eine Menge von Technologien (Operationslisten) der zu bearbeitenden Werkstücke bildet den aktuell zu realisierenden Prozess. Dieser kann mittels Zustandsgraphen zusammen mit Petrinetz-Regeln realisiert werden. Aus diesen Vorgaben kann man die Entwicklung der Software für Stations-, Zellen-, Abschnitts- und Bereichssteuerungen ableiten und die Kommunikation zwischen diesen. Als „Bauplan“ entsteht ein Zwischenprodukt Prozess-Struktur, das zur Erhöhung der Softwarequalität beiträgt und die Zusammenarbeit mit Vertretern verschiedener Fachgebiete gestattet.

Diese Strukturierung einer Aufgabe ist zwar nicht algorithmierbar, aber mit den Methoden der CAMARS-Technologie heuristisch mit Fachkenntnissen lösbar.

2.1 Grundlagen

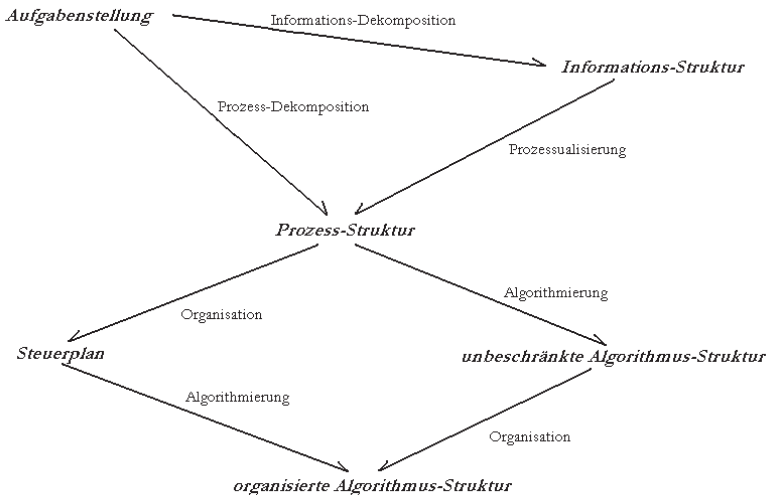


Abbildung 2: Übersichtsschema Allgemeine Rekursive Strukturierung

Aus der Aufgabenstellung für den Gesamtprozess kann man entweder von den physischen Komponenten des Basissystems die Steuerungs-Teilprozesse ableiten oder es gelingt, durch Einführung von Zwischen-Informationen eine Struktur auf diesen Informationen zu erzeugen. Da jede Information in einer Operation entstehen muss, kann man auch daraus eine Prozess-Struktur gewinnen.

Aus der Prozess-Struktur heraus kann dann entweder ein unbeschränkter Algorithmus mit allen parallelen Vorgängen entwickelt werden, der anschließend entsprechend den zur Verfügung stehenden Prozessoren eingeschränkt/organisiert wird. Oder man organisiert z.B. zuerst eine Bearbeitungsfolge auf einem Einprozessorsystem und algorithmiert dann. Als Programmiersprache verwendeten wir C. Nach Erstellung von Prototypen können diese dann rekursiv verbessert werden. Außerdem gestattet dies eine Testung vor Fertigstellung aller Teilalgorithmen.

Bezeichnet man die informationellen Operanden als Entitäten, so kann man eine weitere Forderung formulieren: „Die Struktur sollte so weit verfeinert werden, dass die Entitäten mittels Zustandsgrafen beschrieben werden können.“ Im funktional-logischen Entwurf sollten noch keine implementionsspezifischen Elemente enthalten sein, was den Austausch mit Fachleuten anderer Richtungen gestattet. Der Implementationsentwurf kombiniert diesen dann z.B. mit Festlegungen zu Datenstrukturen, Namen von Bedingungs- und Aktionsroutinen und deren programmtechnischem Entwurf. Die Zustandsgrafen können dabei erweitert werden, dürfen den funktional-logischen aber nicht widersprechen. Mit einem Aufbereitungsprogramm lassen sich die Datenstrukturen für einen Zustandsgrafeninterpreter erzeugen. Der Programmierer implementiert dann die Bedingungen und Aktionen als elementare Funktionen sehr einfachen Aufbaus. Der Interpreter SIRIUS 2.2 [1] bearbeitet ereignisorientiert alle aktivierten Entitäten so lange, bis keine Aktivierung mehr vorliegt. Bei Selbstaktivierung einer oder mehrerer Entitäten wird SIRIUS nie verlassen. Im unten beschriebenen FMCS 2500 hatte der Interpreter zeitweise über 2.000 Entitäten quasiparallel in Echtzeit hantiert.

2.2 Einsatz in der Lehre

Als Beispiele dienen in der Lehre die Steuerung einer Bohrmaschine, einer Fräsmaschine, eines Handarbeitsplatzes, eines Drehtisches und deren Kombination an einem Rundschalttisch.

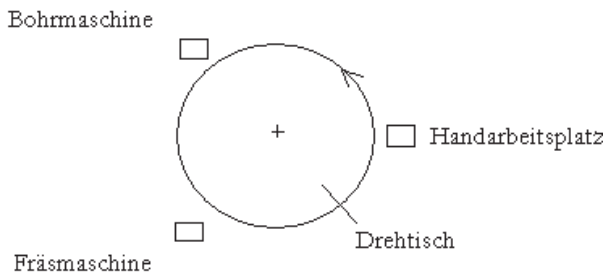


Abbildung 3: Schema Taktstraße

An einem Handarbeitsplatz werden Teile aufgespannt und nach Durchlauf wieder entfernt. Die Maschinen sollten Antriebe mit Drehrichtungsumkehr und zwei Endschaltern, der Drehtisch nur Einrichtungsantrieb und einen Endschalter besitzen, der Handarbeitsplatz Lampen für die Signalisierung an den Bediener und Taster für die Endmeldung.

Für die Gesamtsteuerung konnte eine Struktur entworfen werden, bei der die Steuerung des Tisches erweitert wurde um die Synchronisation mit den Stationssteuerungen. War die Steuerung des Tisches wegen Racing schon allein schwierig zu verstehen, so wurde es mit der Erweiterung noch schwerer. Als Alternative wurde eine Struktur mit einer den Stationssteuerungen übergeordneten Koordination bearbeitet, in der dann auch die Kommunikation mit der Umgebung angeordnet werden konnte, ohne die Einzelsteuerungen wesentlich zu ändern.

Wegen des fehlenden fachlichen Hintergrundes mussten den Studenten aber Hilfestellungen insbesondere zur Koordination gegeben werden.

3 Flexibles Fertigungssteuerungssystem FMCS 2500 bei Mikromat Dresden [4, 7]

Nach der Bearbeitung eines Fertigungssteuerungssystems FMS 2200 bei UNION Gera realisierten wir in Zusammenarbeit mit dem Betrieb und mit großem Einsatz von Studenten ein Steuerungssystem in Dresden aus vier Bearbeitungszentren (CFZ, CFBKi, CBKoX), einem Enstspanroboter (ESR), drei Spannstationen (SPi) zum Aufspannen und Abspannen der zu bearbeitenden Teile auf/von Paletten, Pufferplätzen zum Zwischenlagern und einem alle Einheiten verbindenden schienengebundenen Transportroboter (STR). Wegen der nicht genau positionierbaren tonnenschweren Werkstücke besaß ein Spannplatz ein Mess-Portal zur Ermittlung von Spann-Korrekturwerten.

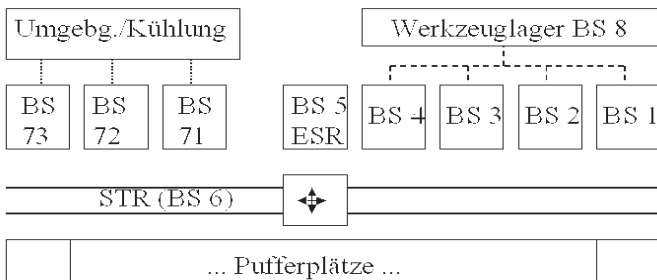


Abbildung 4: Flexibles Fertigungssystem FMS 2500

Die Bearbeitungszentren hatten numerische Steuerungen CNC 600, der Entspannroboter eine Robotersteuerung IRS 713 (eine Weiterentwicklung der IRS 650) und der Schienentransportroboter eine Speicherprogrammierbare Steuerung PC 600. An den Spannplätzen war eine Kommunikation mit den Bedienern über Tasten, Türkontakte und Lampen realisiert. Die Bestückung der Bearbeitungszentren mit den erforderlichen Werkzeugen erfolgte per Hand aus einem Werkzeuglager (LBW, BS 8) über Transportwagen.

3.1 Übersicht über das Steuerungssystem

Die für einen Tag allgemein kapazitätsgeplanten Aufträge wurden dem FMCS übergeben und waren durch das System zu steuern, welches hierarchisch aufgebaut werden sollte.

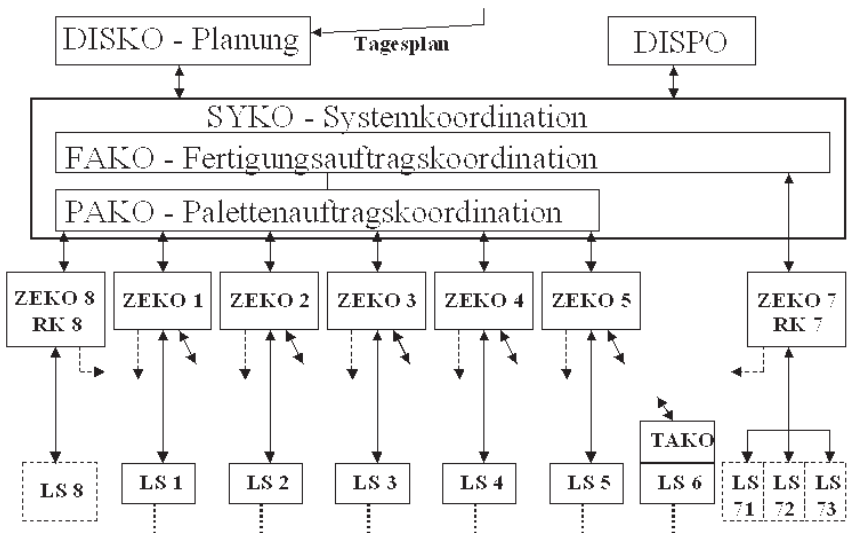


Abbildung 5: Steuerungsstruktur zum FMS 2500

Den lokalen Steuerungen (LS) von Bearbeitungszentren (BS 1-4), ESR (BS 5) und STR (BS 6) wurden also im Zuge einer Prozessualisierung Koordinationssteuerungen übergeordnet. Ebenso erhielten die drei Spannplätze (BS 7i) und das Werkzeuglager (BS 8) als Handarbeits-Stationen je eine Steuerung für die Bedienerkommunikation und die Ressourcenkoordination an Paletten bzw. Werkzeugen. Bei den automatischen Stationen sollten die Koordinationssteuerungen alle für den Fertigungsdurchlauf eng mit ihnen verbundenen Aufgaben im Sinne einer Zelle steuern. Beim STR (BS 6) bestand dann die Hauptaufgabe

darin, aus allen anfallenden Transportanforderungen den optimalen Auftrag auszuwählen und zu steuern.

Für alle Aufträge mit Paletten wurde darauf eine Paletten-Auftragskoordination PAKO übergeordnet. Eine dieser übergeordnete Fertigungs-Auftragskoordination FAKO koordinierte die PAKO mit Spann- und Kühlaufträgen an die Spannplatz-Koordination. Wegen der engen Beziehungen bezeichneten wir PAKO und FAKO als Teile einer Systemkoordination SYKO. Die Kopplung mit der Tagesplanung erfolgte über eine operative Planung DISKO, die die Aufträge mittels mehrerer Prioritätsalgorithmen zwecks Auswahl durch den Dispatcher auf die konkreten Arbeitsstationen verteilte. Zu diesen Grundfunktionen wurden dann weitere Funktionen ergänzt wie z. B. Diagnostik- und Eingriffsfunktionen für den Dispatcher in einem Modul DISPO und Anzeige-, Eingriffs- und Archivierungsfunktionen in den Zellensteuerungen.

Während beim System FMS 2200 diese ähnliche Prozessstruktur mit zwei Rechnern K 1630 und zwei Bürocomputern BC A 5130 implementiert werden musste, was zu Engpässen und geringerer Übersichtlichkeit führte, gelangte beim FMS 2500 von Mikromat ein lokales Netzwerk mit 10 PC vom Typ EC 1834 zum Einsatz. Dadurch bestand ein geringeres Ausfallrisiko für das Gesamtsystem und eine bessere Übersichtlichkeit für alle Bediener. Auch das Testen der Software gestaltete sich durch Implementierung von Prototypen und deren Vortesten in simulierter Umgebung einfacher.

3.2 Virtuelle Zellen

Eine Zellenkoordinationssteuerung ZEKO soll die Abläufe von eng zusammen hängenden Funktionen aufeinander abstimmen, um so die Effektivität deutlich zu erhöhen und die Auswirkungen von Störungen lokal zu halten.

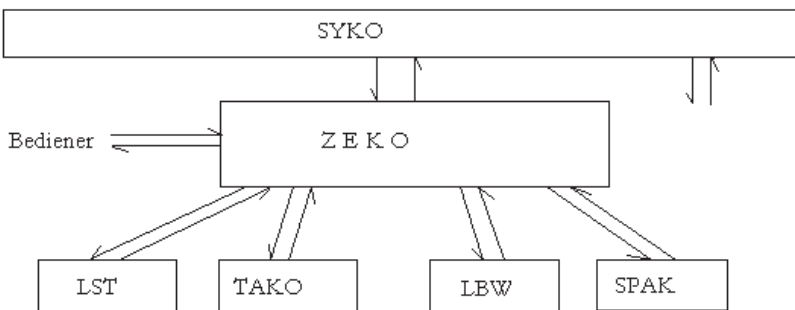


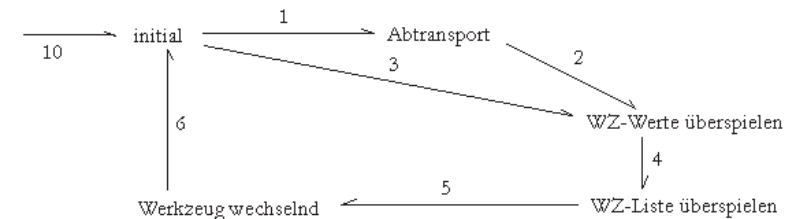
Abbildung 6: Einordnung der ZEKO in das Gesamtsystem

Die ZEKO arbeiteten als Sonderfall jeweils nur mit einer lokalen Maschinensteuerung, betrachteten aber Werkzeugbereitstellung einschließlich Korrekturwerten LBW, Spannplatz-Koordination SPAK und Transport-Koordination TAKO für den STR virtuell untergeordnet als Dienstleister. Die Anforderungen der verschiedenen Zellen mussten dort koordiniert werden. So wurde z.B. die physisch singuläre Ressource Transportroboter zeitweise je nach Bedarf über die TAKO einer der Zellen zugeordnet.

Folgende Funktionsklassen waren zu realisieren:

1. Hauptfunktionen für die Werkstückbearbeitung, abgeleitet von der Basis,
2. Anzeigefunktionen für Arbeitsstand und Ergebnisse,
3. Eingriffsfunktionen zur Fehlerbeseitigung,
4. Simulation fehlender Eingangsinformationen,
5. Servicefunktionen, z.B. Laden/Archivieren von Programmen und Listen und NC-Editorfunktionen,
6. Wiederanlauffunktionen.

Zur Realisierung dieser Aufgaben wurde die ZEKO weiter dekomponiert in eine Zellenauftragskoordination und Prozesse zur Steuerung der lokalen Maschinensteuerung LST. In einer Entitätsklasse „Auftrag“ sind der Einrichteauftrag und der Arbeitsgang zusammengefasst. Die Entitätsklasse „Operation“ steht für die Unterprozesse. Die Entitätsklasse „Operator“ steht für die exklusiv von der ZEKO genutzte Maschine mit lokaler Steuerung und für die von mehreren Zellensteuerungen genutzten TAKO, LBW und SPAK. Alle Entitäten lassen sich mit Zustandsgraphen beschreiben. Beispielhaft soll der um den Zustand „initial“ ergänzte Zustandsgraf für den Einrichteauftrag angegeben werden.



mit

- 1 : alte Palette vorhanden / Abtransport anweisen
- 2 : abtransportiert / WZ-Werte anfordern
- 3 : keine alte Palette / WZ-Werte anfordern
- 4 : WZ-Werte überspielt / WZ-Liste laden
- 5 : Liste überspielt / Werkzeugsatzwechsel an Bediener anweisen
- 6 : Endemeldung des Bedieners / Initialzustand herstellen
- 10 : Initialisierung oder Auftrag abbrechen / ggfs. Abbruch

Abbildung 7: Zustandsgraf zum Einrichteauftrag

Die Zustandsgrafenfiles wurden für den Zustandsgrafeninterpreter SIRIUS 2.2 [1] aufbereitet. Nach Ablauf der Initialisierungen übernahm der Zustandsgrafen-Interpreter die Programmsteuerung, verwaltete alle aktivierten Entitäten, testete ihre Bedingungen und löste die daraus folgenden Aktionen aus. Dadurch wurde eine Pseudoparallelität auf Einprozessorsystemen unter MS DOS gewährleistet.

3.3 Handbetrieb und Wiederanlauf

Entsprechend dem Motto bei UNION Gera: „Alles soll auch noch per Hand möglich sein.“ mussten in einer pseudographischen Darstellung detaillierte Zustandsanzeigen am ZEKO-Rechner implementiert werden und zusätzlich für den Sofort-Überblick eine farbliche Hinterlegung der Teilfenster (schwarz – Ruhe, grün – Arbeit, rot – Fehler). Hierzu war ein Fenster-Tool selbst entwickelt worden. Über die Tastatur konnten dann z.B. verlorengegangene Meldungen und Anweisungen simuliert, fehlende NC-Bearbeitungs-Programme von Diskette eingelesen oder korrigierte NC-Programme auf Diskette archiviert werden.

Wichtige Zustände wurden in regelmäßigen Abständen gesichert. Im Falle eines Wiederanlaufs nach Havarie erfolgte dann eine Herstellung des vorherigen gespeicherten Zustands und ggf. eine Nachführung per Hand, wenn die Bearbeitung weitergelaufen war. Lade-Operationen für NC-Programme und Korrekturwerte waren evtl. zur Sicherheit zu wiederholen.

3.4 Weitere Entwicklung

Nach der Inbetriebnahme am 2. Oktober 1989 war Begleitung der Einfahrphase vereinbart, in der die Stilllegung des Entspannroboters aus Wirtschaftlichkeitsgründen erfolgte. Die Erfüllung einer hohen Anzahl eingesetzter Roboter war 1990 nicht mehr erforderlich.

Im ersten Halbjahr 1990 konnten noch Videoaufnahmen gedreht werden. Der Auftrag ist mit der Währungsunion abgeschlossen worden. Die Firma ist dann zweimal verkauft worden, so dass eine Aussage über den weiteren Betrieb nicht möglich ist.

4 Schlussbemerkungen

Die Überführungsarbeiten in die Praxis in so großem Umfang endeten 1990. Heutzutage existieren Firmen, die solche Automatisierungsaufgaben übernehmen und die erforderliche Gewährleistung erbringen können. Es bestehen 20 Jahre später natürlich andere technische Möglichkeiten, aber man führt auch

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zum Grad der Automatisierung durch, die früher nach erteilten Planvorgaben nicht mehr von großer Bedeutung waren.

Mein Dank für die Unterstützung gilt insbesondere dem heutigen Privatdozenten an der TU Dresden Dr.-Ing. habil. Martin Engeliën. Prof. Stahn ist leider früh im Alter von 64 Jahren verstorben. Von drei jüngeren Mitarbeitern wurden Firmen gegründet.

5 Literatur und Internetquellen

- [1] DOETZKIES, U. (1990): Basis, Steuerung und kooperierende Zustandsgraphen. *Dissertation Technische Universität Dresden, Fakultät Informatik, 100 S.*
- [2] ENGELIEN, M. (1981): ARS – Allgemeine und Rekursive Strukturierung – eine Basistechnologie der Algorithmenprojektierung. *Technische Universität Dresden – Sektion Informationsverarbeitung, Sektionsschrift.*
- [3] ENGELIEN, M. & STAHN, H. (1989): Softwaretechnologie CAMARS-Technologie. *Akademie-Verlag Berlin.*
- [4] ENGELIEN, M. & STAHN, H. (1991): CAMARS-FMCS – Flexible, Distributed Control in Machining Industry. *Systems Analysis, Modelling, Simulation 8, S. 635-643, Akademie-Verlag Berlin.*
- [5] SCHMIDT, E. & STAHN, H. (1984): Programmiersprache und Bedienung der Industrierobotersteuerung IRS 650. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden (4), S. 207-212.*
- [6] SCHMIDT, E. (1991): Zellenkoordinationssteuerung in CAMARS-Technologie. *Im Rahmen des Workshop CAMARS-Steuerungssysteme am 5./6. Dezember 1991 Dresden, 17 S.*
- [7] STAHN, H. & ENGELIEN, M. (1991): CAMARS-FMCS – FMS-Steuerung verteilter Intelligenz, *Fertigungstechnik und Betrieb 41, S. 268-272.*
- [8] STAHN, H. et al. (1989): Flexibles Produktionssteuerungssystem FMCS Variatormontage. *Wissenschaftliche Beiträge zur Informatik – Informatik-Zentrum des Hochschulwesens, Heft 4, S. 27-40.*

Rechnergestützte Systemoptimierung für Ingenieure in der DDR

WILFRIED KRUG
wkrug@dualis-it.de

Im Beitrag wird aufgezeigt, wie im Rahmen der Kammer der Technik KDT der DDR und später an der TU Dresden die Systemoptimierung für die Produkt- und Prozessgestaltung im Maschinenbau für Konstrukteure, Entwickler und Fertigungsingenieure entwickelt und nutzbar gestaltet wurde. Dabei wird der mühevollen Weg aufgezeigt, der geduldig gegangen werden musste, um diesen Teil der Angewandten Informatik in der DDR in Lehre und Forschung an den Hochschulen zum Durchbruch zu verhelfen. Nicht zuletzt wird dargestellt, wie die erreichten Ergebnisse des ingenieurgerechten und heuristischen Herangehens des rechnergestützten Optimierens in Verbindung mit der Simulation industriell weiterentwickelt und marktreif gestaltet wurden.

1 Einleitung

In [1] und [2] wurde vom Autor ausführlich auf die sich entwickelnde Rechnertechnik in der DDR und deren Nutzung zur Modellierung, Simulation und Optimierung von technischen Systemen eingegangen. Die dabei zu untersuchenden Ziele waren dabei oft sehr vielschichtig und komplex, so dass sich die Auswertungen sehr zeitraubend und teilweise sehr ungenau, also ohne mathematische Optimierung am Ziel vorbei, gestalteten.

Es wurden deshalb oft Mathematiker zu Rate gezogen, um die Optimierungsziele mit mathematisch fundierten Grundlagen zu verbessern und eindeutige Beweise für das globale Optimum zu ergründen.

Dies war ebenfalls sehr zeitaufwendig und dazu noch sehr kostspielig, so dass Ingenieure aus der Industrie davon kaum Gebrauch machten. Andererseits gab es oft auch große Verständigungsschwierigkeiten zwischen Ingenieuren und Mathematikern.

Deshalb wurde 1965 in der KDT, als Interessenvertreter der Ingenieure in der DDR, eine Arbeitsgemeinschaft AG „Rechnergestützte Optimierung für Ingenieure“ gegründet. Diese AG hatte bereits kurz nach der Aufnahme der Arbeit über 100 Ingenieure aus der Industrie. Zunächst waren es vor allem Produktentwickler und Konstrukteure aus dem Maschinenbau der DDR. Später kamen auch Fertigungsexperten und angewandte Mathematiker hinzu.

Der Grundtenor lag in der AG vor allem darin, praktisch auf dem Tisch des Ingenieurs in der Industrie liegende Optimierungsprobleme zeitnah rechen-technisch zu lösen. Dabei spielte die Entwicklung eines Optimierungsmodells, bestehend aus den Zielfunktionen, Nebenbedingungen und Optimierungsparameter eine wichtige Rolle und danach war ein Suchalgorithmus zu finden, der eine optimale Lösung berechnete; bzw. verbesserte Lösungen hervor brachte, als im Startpunkt.

Mit den Mathematikern wurde zu dieser Frage ein harter Kampf ausgetragen, weil die Forderung nach einer analytischen Beschreibung des Optimierungsmodells oft nicht möglich war. Meist war nur durch Anwendung von Simulationsmodellen in Kopplung mit rechentechnisch umgesetzten Suchverfahren eine verbesserte Lösung gegeben. Eine mathematische Beweisführung, ob ein globales Optimum vorliegt oder nicht, war damit unmöglich. Das erreichte Ergebnis lehnten daher die Mathematiker strikt ab.

Erst in den 70 Jahren gewann die praxisorientierte AG-Arbeit in den Ingenieurwissenschaften der Hochschulen wie z. B. TU Chemnitz und Dresden immer mehr an Gehör, so dass die rechnergestützte Optimierung für Ingenieure mit seiner heuristischen Herangehensweise kaum noch ignoriert wurde.

Leider war aber in den 80er Jahren in der DDR an den Hochschulen die Rechnergestützte Optimierung in den sich etablierten Lehrgebieten der Informationsverarbeitung nur schwach ausgebildet. Daher wurden ausschließlich über die KDT Lehrgangsunterlagen zu dieser Thematik herausgegeben und Seminare und Tagungen für Ingenieure durchgeführt.

Auch Lehr- und Fachbücher über die Rechnergestützte Optimierung für Ingenieure wurden von den AG-Mitgliedern der KDT verfasst, die bereits über 200 Fallbeispiele und Suchalgorithmen, über rechentechnische Lösungen von Optimierungsproblemen unterschiedlichster Art aus Industrie und Wirtschaft zum Inhalt hatten.

2 Gemeinschaftsarbeit der KDT in der DDR

Die Gemeinschaftsarbeit in der DDR wurde ausschließlich zentral gesteuert bzw. verordnet und so auch die Kammer der Technik KDT. Sie sollte eine fachliche Heimat für Ingenieure sein, um möglichst zentral und mit politischem Anstrich in den Kombinat die industriellen Prozesse der Volkswirtschaft besser steuern zu können. Um den Maschinenbau mit seinen Kombinat, wie Werkzeugmaschinen, Schwermaschinen- und Anlagenbau, Schiffbau, Luft- und Kältetechnik u. a., vor ran zu bringen, bekam die KDT den Auftrag alle ingenieurtechnischen übergreifenden Aufgaben zentral zu bündeln.

So entstanden in den 60er Jahren in den Bezirksverbänden der KDT die Arbeitsgemeinschaften Konstruktionstechnik, Verfahrenstechnik, Fertigungsverfahren und in Chemnitz 1965 die AG „Rechnergestützte Optimierung“.

Optimierung war hier so zu verstehen, dass möglichst modernste Erzeugnisse der Kombinate mit Unterstützung der EDV zu konstruieren und zu fertigen waren, um in der Westlichen Welt konkurrenzfähig zu sein, wie dies z. B. für das Fritz-Heckert-Werkzeugmaschinenkombinat in Chemnitz im besonderen Maße galt.

3 Wege der rechnergestützten Optimierung in der DDR

In den 70er Jahren wurde zentral beschlossen, die Kombinate mit Rechentechnik auszustatten, um eine rechentechnische Anwendung in allen Bereichen der Unternehmen zu ermöglichen. Dazu wurde vor allem auf Rechnersysteme von VEB ROBOTRON orientiert, aber in Schwerpunktkombinaten erfolgte, wie auch immer, der Einsatz von Rechentechnik aus dem so genannten Kapitalistischen Ausland.

Am Beispiel der rechentechnischen Durchdringung der Konstruktionsbüros in den Kombinaten soll dies näher verdeutlicht werden.

In Abbildung 1 und Abbildung 2 ist der Trend der rechnergestützten Optimierung in der Konstruktionstechnik aufgezeigt, der in [3] ausführlich untersucht wurde.

Es ist in Abbildung 1 zu erkennen, dass ausgehend vom gesellschaftlichen Bedürfnis, die Voraussetzungen für eine rechentechnische Optimierung gegenüber der herkömmlichen manuellen Arbeitsweise untersucht wurden. Daraus konnte damit ein rechnergestützter Optimierungsprozess, bestehend aus interdisziplinärer Arbeit von manuellen und maschinellen Tätigkeiten abgeleitet werden, wie Abbildung 2 zeigt.

Dabei bezog sich die manuelle Tätigkeit für einen optimalen Konstruktionsentwurf vor allem auf den kreativen Entwurf des Optimierungsmodells und die maschinellen Aufgaben waren dann unter Nutzung rechentechnischer Mittel durchzuführen. Dies erfolgte iterativ solange, bis die optimale Lösung erreicht war.

Der Unterschied zur bisherigen „nur“ Reisbrettarbeit bestand also darin, einerseits ein gefundenes mathematisches Optimierungsmodell so komplex wie möglich lösen zu können und andererseits den Konstrukteur von Routinearbeiten zu entlasten und möglichst schnell optimale Varianten für die Entscheidungsfindung anzubieten.

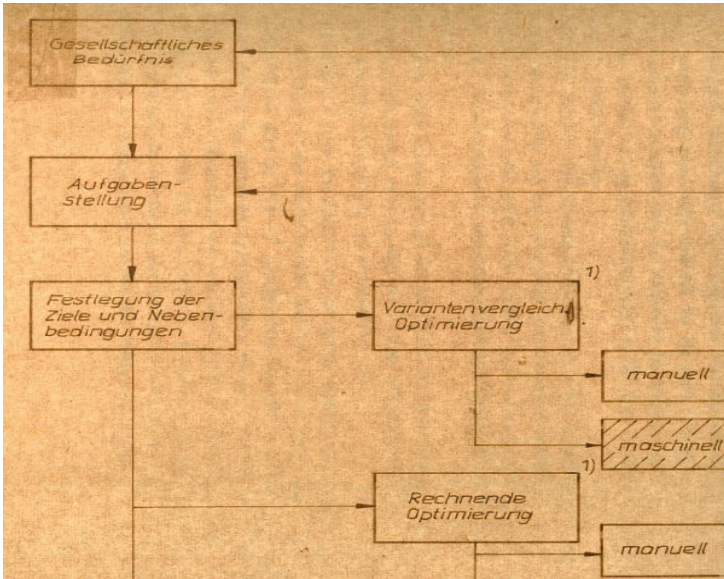


Abbildung 1: Wege zur rechnergestützten Optimierung – gesellschaftspolitisch [3]

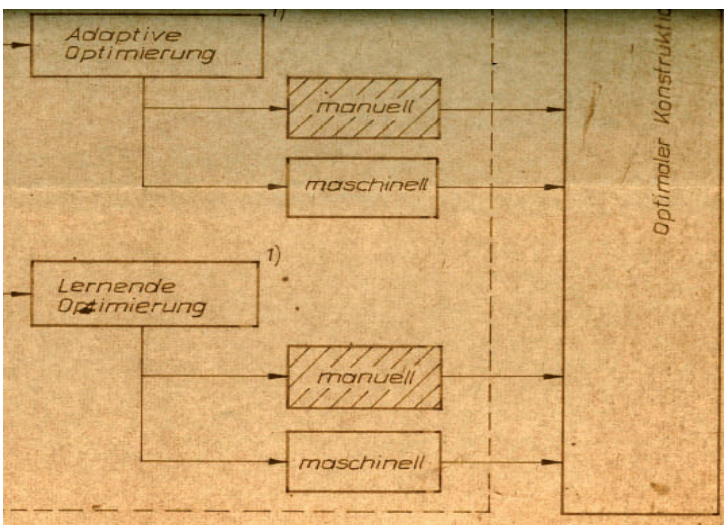


Abbildung 2: Wege zur rechnergestützten Optimierung – rechentechnisch [3]

4 Lösungen der rechnergestützten Optimierung in Konstruktionsbüros

In den Konstruktionsbüros konnte die rechentechnische Umsetzung Ende der 70er Jahre weiter umgesetzt werden, wie Abbildung 3 in der Übersicht zu den Entwicklungstendenzen der Konstruktionstechnik erkennen lässt. Die Untersuchungen in [3] haben gezeigt, dass der iterative Entwicklungsprozess eines Erzeugnisses in mehreren Etappen abläuft und unterstützt wird.

Auch die Visualisierung der konstruktiven Entwürfe, damals noch mit primitiven EDV-Hilfsmitteln durchgeführt, kam zum Einsatz (was heute CAD-Systeme erledigen).

Abbildung 3 zeigt weiterhin, wie in dieser Zeit zunehmend mit wieder verwendbaren Baukasten- und Modellsystemen gearbeitet wurde. Dies war unter anderem eine Voraussetzung, um die rechnergestützte Optimierung praxisrelevant in den Konstruktionsbüros überhaupt umzusetzen.

So erfolgte z. B. im Kombinat Luft- und Kältetechnik LuK in den 70er Jahren die Entwicklung und der erfolgreiche Einsatz eines ILKA-Baukasten- und Modellsystems zur rechnergestützten Optimierung von Klimaaggregaten und -anlagen [4].

Zur rechentechnischen Unterstützung der Projektierungs- und Konstruktionsbüros im LuK wurde ein leistungsfähiges Programmsystem LASSO2 entwickelt und erfolgreich eingesetzt [5].

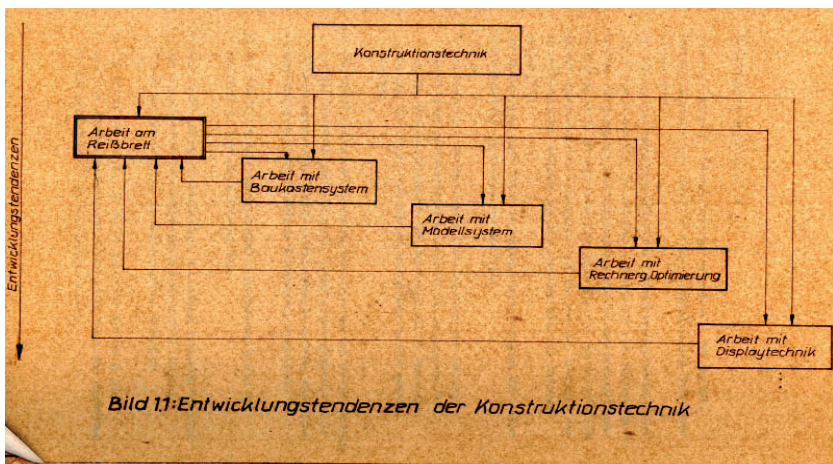


Abbildung 3: Entwicklungstendenzen in der Konstruktionstechnik [3]

In den Abbildungen 4 bis 6 sind die spezifischen Inhalte des Programmsystems LASSO2 dargestellt. Daraus ist erkennbar, dass die strukturellen Aspekte der rechnergestützten Optimierungsalgorithmen und die nutzerfreundlichen Ge-

sichtspunkte in den 70er und 80er Jahren bis heute wie folgt, sehr bedeutsam waren:

- Schnittstellen zu Modell- und Simulationssystemen
- geringe Kenntnisse über mathematische Suchalgorithmen
- multivalenter Einsatz bei Modellen mit starken Nichtlinearitäten des Optimierungsproblems
- quasi parallele Arbeitsweise von mehreren Suchalgorithmen
- adaptive Steuerung der Suche des Optimums mit Lernprozess
- gleichzeitige Optimierung von mehreren Zielen (Pareto-Optimalität)

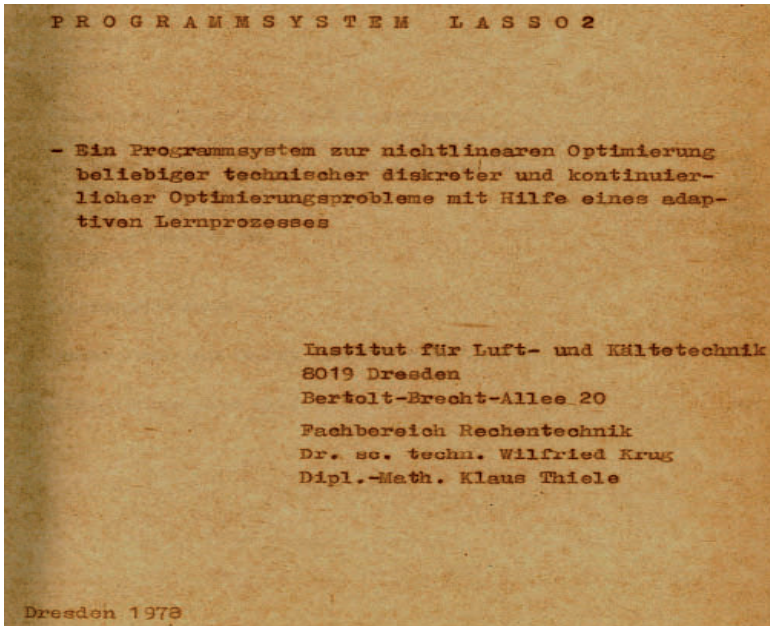


Abbildung 4: Erstes Programmsystem zur rechnergestützten Optimierung LASSO [5]

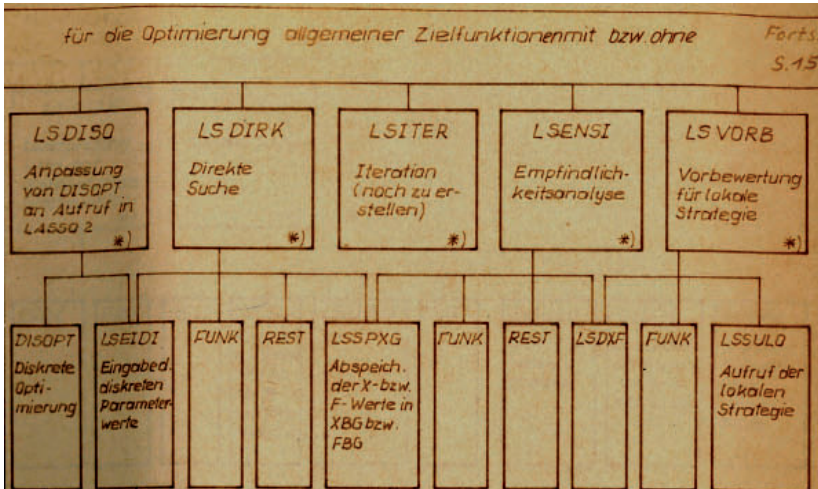


Abbildung 5: Ausschnitt der in [5] entworfenen Programmstruktur

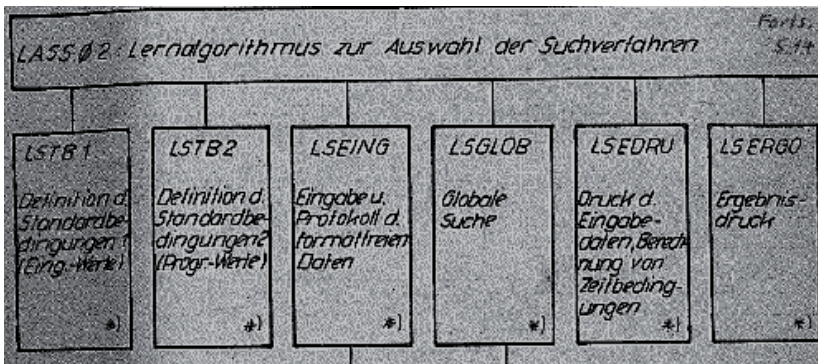


Abbildung 6: Ausschnitt von den in [5] entworfenen Suchverfahren mit Lernprozess

5 Systemcharakter der rechnergestützten Optimierung für den Ingenieur

In den 80er Jahren kam mehr und mehr die Forderung aus der Industrie, bei der rechnergestützten Optimierung nicht nur punktuell beste Lösungen, z. B. beim Konstruktionsentwurf zu berechnen, sondern auch die Optimierungsziele auf die betrieblichen Anforderungen insgesamt auszudehnen, wie Abbildung 7 erkennen lässt.

Dies brachte für den Ingenieur eine völlig neuartige Herangehensweise in drei Modellstufen und danach erst die Nutzung der EDVA mit sich. Der in den Kombinatbetrieben tätige Ingenieur musste aber dafür ausgebildet werden, was aber von den Hochschulen nicht erfolgte.

Die AG Rechnergestützte Optimierung der KDT stellte sich deshalb dieser Aufgabe und erarbeitete Ausbildungsmaterialien unterschiedlichster Art und führte Seminare, Vorlesungen und fachspezifische Tagungen für Ingenieure aus der Industrie durch.

Anfang der 80er Jahre entstand auch ein Fach- und Lehrbuch „Rechnergestützte Optimierung für Ingenieure“ [6], das über 100 Fallbeispiele, Suchalgorithmen und industrielle Optimierungslösungen aus dem Werkzeugmaschinenbau, der Luft- und Kältetechnik, dem Schiffbau, dem Bauwesen und anderen Branchen enthielt.

Für die spätere Ausbildung an den Hochschulen wurde bis in die 90er Jahre dieses Buch als Pflichtliteratur empfohlen, weil es eine erste Komplettübersicht aller heuristischen Optimierungsverfahren enthielt und eine hohe Anwenderfreundlichkeit für die ingenieurtechnische Nutzung beinhaltete. Im Anhang befand sich außerdem eine umfangreiche Aufgabensammlung, die eine interessante Klassifizierung der Optimierungsaufgaben nach Kurz- und Langzeitverhalten, Nichtlinearitätsgesichtspunkten, diskretem oder kontinuierlichem Problemzustand repräsentierte.

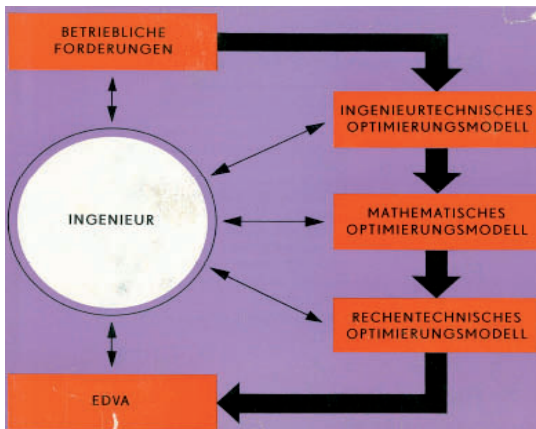


Abbildung 7: Der Ingenieur als Nutzer der rechnergestützten Systemoptimierung [6]

6 Erfolgsfaktoren der Systemoptimierung nach der Wende

Ab dem Jahr 1990 konnten sofort die erarbeiteten Algorithmen der rechnergestützten Optimierung von LASSO2 recht schnell auf PC-Technik umprogrammiert und noch wesentlich nutzerfreundlicher den Ingenieuren in der Industrie auch bei Simulationsaufgaben zur Verfügung gestellt werden. Nach dem Niedergang der KDT-Ära erfolgte eine Mitgliedschaft in der ASIM (Arbeitsgemeinschaft Simulation innerhalb der GI), wo auf Tagungen und Symposien die Rechnergestützte Optimierung in der Simulation als neuartiges Fachgebiet aufgenommen wurde. 1996 erfolgte zu diesem Thema ein Symposium in Dresden zu Fortschritten in der Simulationstechnik, wie Abbildung 8 erkennen lässt, wo die erfolgreichen Arbeiten von Simulation gekoppelt mit Optimierung präsentiert wurden.



Abbildung 8: Simulation und Optimierung in Produktion und Logistik

Von den Fachexperten und Ingenieuren wurden auf den ASIM-Tagungen immer wieder positiv die quasi parallel arbeitenden Suchalgorithmen unterstützt durch einen Lerneffekt bewertet.

Mit der Gründung eines Softwarehauses 1990, der DUALIS GmbH, konnte die lernprozessorientierte adaptive Optimierung ständig weiter entwickelt und marktreif zu einem lizenzierten Programmsystem **ISSOP** (Intelligentes System zur Simulation und Optimierung) mit quasi parallel arbeitenden deterministischen, stochastischen und evolutionären Suchverfahren gestaltet werden.

Durch standardisierte Schnittstellen gelingt es heute **ISSOP** in Verbindung mit 2D- und 3D-Simulatoren sowie Planungssystemen zur rechnergestützten Optimierung von Digitalen Fabrikprozessen einzusetzen, wie Abbildung 9 in einer Übersicht zeigt.

Im Jahr 2002 wurde in Dresden ein internationales Symposium ESS 2002 gemeinsam mit der Society for Computer Simulation SCS durchgeführt, wo die Simulation und Optimierung von Produktions- und Logistikprozessen im Mittelpunkt von Fachbeiträgen stand.

Auf diesem Symposium wurde erstmalig ein umfassendes Fachbuch zu „Modelling, Simulation and Optimization for Manufacturing, Organisational and Logistical Processes mit ISSOP“ vorgestellt und verkauft [7]. Der Erlös wurde den Flutopfern in Sachsen gespendet mit der Widmung:

„This book is dedicated to the victims of the flood catastrophe of August 2002, which devastated Dresden and large areas along the Elbe river.“

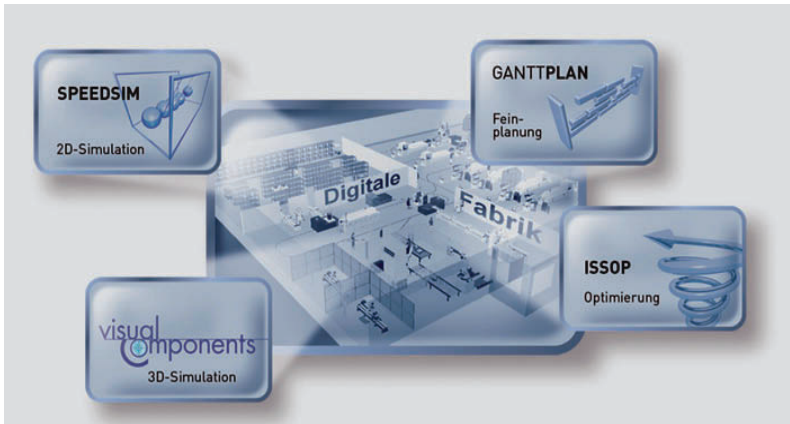


Abbildung 9: Einsatz der rechnergestützten Systemoptimierung mit ISSOP – heute, www.dualis-it.de

7 Literatur

- [1] NAUMANN, F. & SCHADE, G. (2004): Entwicklung der Analog-, Hybrid- und digitalen Rechentechnik zur Modellierung, Simulation und Optimierung technischer Prozesse und Systeme in der DDR. In: Krug, W. (Hrsg.), *Informatik in der DDR – eine Bilanz, GI Edition*, S. 556-566.
- [2] DEMUTH, B. (2008): Zur Entwicklung der Fertigungsinformatik in der DDR. In Krug, W. (Hrsg.), *Informatik in der DDR – Grundlagen und Anwendungen, GI Edition*, S. 314-325.
- [3] KRUG, W. (1977): Ein Beitrag zur rechnergestützten Optimierung in der Konstruktion mit Hilfe eines adaptiven Lernsystems. *Dissertation zum Dr.sc.techn. (heute Dr. habil) an der TU Karl-Marx-Stadt (heute Chemnitz), eingereicht 1976, verteidigt 1977.*
- [4] KÖNIG, P. & KRUG, W. (1971): Durchgängige automatisierte Berechnung von Klimaanlageanlagen. *LKT 7 (2)*, S. 59-66.
- [5] KRUG, W. & THIELE, K. (1978): Anwenderdokumentation zum Programmsystem LASSO 2 zur nichtlinearen rechnergestützten Optimierung beliebiger technischer Systeme und kontinuierlicher Optimierungsprobleme mit Hilfe eines adaptiven Lernprozesses. *ILK Dresden, FB Rechen-technik.*
- [6] KRUG, W. & SCHÖNFELD, S. (1981): Rechnergestützte Optimierung für Ingenieure. Berlin: VEB Verlag Technik, DK 658,5; LSV 3403-VT 1/5493-1.
- [7] KRUG, W. (2002): Modelling, Simulation and Optimization for Manufacturing. *Organisational and logistical Processes, SCS – Europe BVBA, 2002, ISBN 3-936150-20-6.*

Datennetze im COMECON

FRANK DITTMANN

f.dittmann@deutsches-museum.de

Die Datenübertragungstechnik ist in einer Zeit der globalen Vernetzung zweifellos eine wesentliche Basistechnologie. Historische Arbeiten hierzu sind jedoch ein Forschungsdesiderat. Der Beitrag versucht eine erste Annäherung an das komplexe Feld mit Schwerpunkt auf den ehemaligen RGW-Staaten.

1 Einführung

Das Internet ist heute gleichsam ein Synonym für weltweite Vernetzung und Globalisierung. Wichtige Voraussetzung für das globale Informationsnetz war aber nicht nur die Entwicklung schneller und vor allem preiswerter Computerhardware sowie die Bereitstellung von nutzerfreundlicher Software, sondern auch die Beherrschung der Datenübertragung über das öffentliche Telefonnetz. Dieser Aspekt wurde bisher in historischen Studien wenig beachtet, was möglicherweise auch daran liegt, dass die Datenübertragungstechnik eine Stellung zwischen Telekommunikation und Computertechnik einnimmt. In besonderer Weise trifft dieses Desiderat auf die Aktivitäten in den früheren COMECON-Staaten zu. Der COMECON (Council for Mutual Economic Assistance of the Warsaw Pact Nations, deutsch RGW = Rat für gegenseitige Wirtschaftshilfe) wurde 1949 von Albanien, Bulgarien, der ČSSR, Polen, Rumänien, der UdSSR und Ungarn als Gegenstück zur OECD gegründet. Später traten die DDR, Kuba, die Mongolei und Vietnam bei. Die Organisation wurde 1991 aufgelöst.

Bei der Betrachtung der Geschichte der Datenübertragungstechnik zeigt sich, dass über die Entwicklungsschritte im Westen mehr bekannt ist als über jene im Osten. Deshalb wird an Hand wichtiger Marksteine in den USA und in Westeuropa eine Periodisierung vorgeschlagen, die dann als Hintergrundfolie für die Untersuchung der Aktivitäten im RGW dient. Dies ist möglich, da trotz des Kalten Kriegs der Informationsaustausch über die Aktivitäten der jeweils anderen Seite nie zum Erliegen kam. So wurden Fachzeitschriften studiert, internationale Konferenzen ermöglichten das direkte Gespräch der Fachvertreter von dies- und jenseits des Eisernen Vorhangs und die Mitarbeit in internationalen Organisationen – im vorliegenden Fall im CCITT (Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique) – eröffnete einen tiefen Einblick in die Möglichkeiten, Probleme und Interessenlagen der verschiedenen Staaten (siehe [1]). Ergänzt wurde dieser Wissensaustausch durch Technologietransfer,

z. B. durch den Kauf von Datenverarbeitungsanlagen bzw. durch Lizenzverträge, die teilweise auch Mitarbeiterschulungen beinhalteten. Man kann zudem davon ausgehen, dass der legale Wissenstransfer stets durch Informationen aus Geheimdienstquellen ergänzt wurde. Dies gilt umso mehr, als sowohl die Computer- als auch die Datenübertragungstechnik im militärischen Sektor entwickelt wurde und stets eine strategische Bedeutung besaß. Über Umfang und Tragweite geheimer Informationen lässt sich derzeit wenig sagen. Klar scheint indes, dass die Entwicklung der Computertechnik einschließlich der Datenübertragungstechnologie in Ost oder West keine unterschiedlichen Wege einschlug, wie man auf Grund des Kalten Kriegs vermuten könnte. Ganz im Gegenteil, viele Hard- und Softwareprodukte im COMECON waren oft zumindest teilweise das Ergebnis eines Re-Ingenierungsprozesses westlicher Technologien. Somit ist es gerechtfertigt, die Entwicklung im Westen als Referenzfolie für die Untersuchung der Aktivitäten im RGW zu nutzen.

Betrachtet man die Entwicklung der Datenfernübertragungstechnik in den USA und in Westeuropa, kann man den Zeitraum zwischen dem Beginn und dem Ende des Kalten Kriegs in drei Abschnitte einteilen:

1. 1950 bis Mitte der 1960er Jahre: überwiegend militärische Nutzung
2. Mitte der 1960er bis Ende der 1970er Jahre: Beginn der Entwicklung im zivilen Sektor
3. Ende der 1970er bis Ende der 1980er Jahre: Normung und breite Produktentwicklung

2 Grundzüge einer Entwicklung der Datenübertragungstechnik

2.1 Erste Phase von 1950 bis Mitte der 1960er Jahre

Im Westen war der Zeitraum zwischen 1950 und Mitte der 1960er Jahre geprägt von zentralisierten Datenfernübertragungen für militärische Zwecke. Bald gab es auch erste Versuche mit Buchungssystemen der zivilen Luftfahrt und Datenverbünden großer Banken. Das Grunddesign basierte auf dem SAGE-System, das zwischen 1950 und 1963 entwickelt und aufgebaut wurde [2]. SAGE (Semi-Automatic Ground Environment) war ein computergestütztes Luftverteidigungssystem der USA für das Erfassen, Verfolgen und Abfangen von sowjetischen Langstreckenbomben und wurde von Ende der 1950er bis in die 1980er Jahre betrieben. Zugleich war SAGE ein entscheidendes Projekt in der Entwicklung der US-amerikanischen Computertechnik, in dem bedeutende Leistungen für Online- und interaktive Computersysteme, Real-time Computing und die Datenfernübertragung mit Modems erarbeitet wurden. Nicht zuletzt war SAGE ein wichtiger Faktor auf dem Weg zur dominierenden Stellung von IBM, denn von „Big Blue“ und dem Cambridge Research Laboratory

stammten die Computer für das System. 1961 entwickelte IBM das Konzept des *Teleprocessing*, um Daten zu sammeln und über weite Entfernungen direkt an die entsprechenden Computer zu übermitteln. Für die Datenfernübertragung über das Telefonnetz kamen Modems zum Einsatz, die von den Bell Labs stammten. Der Begriff *Modem* geht auf die Kombination der Funktionsbezeichnungen *Modulation* und *Demodulation* zurück. Auf der einen Seite der Fernübertragung übernahm das Modem die Amplitudenmodulation der Daten auf eine Trägerfrequenz und auf der anderen Seite deren Demodulation.

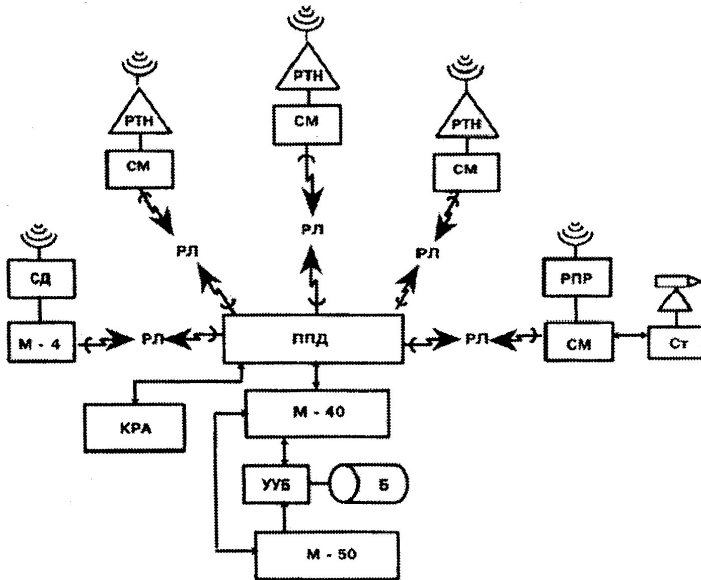


Abbildung 1: Datenfernübertragung beim sowjetischen Raketenabwehrsystem [3]

Über die Aktivitäten der UdSSR in diesem Zeitraum ist nur wenig bekannt. Sicher ist jedoch, dass 1953 am Moskauer Institut für Feinmechanik und Datenverarbeitung ein Projekt zur Entwicklung eines computergestützten Raketenabwehrsystems begann [3]. Dieses Institut und sein Direktor Sergei Aleksejewich Lebedev spielte in der Folgezeit eine wichtige Rolle in der Geschichte der sowjetischen Computertechnik [4, S. 177], [5]. 1956 fanden erste Versuche statt, bei denen Radar-Stationen ihre Informationen über etwa 100 bis 200 km per Datenfernübertragung an ein Rechenzentrum übermittelten (Abbildung 1). Dort selektierte ein Rechner die Daten und berechnete die Flugbahnen der Objekte. Ein zweiter Computer generierte daraus automatisch Steuersignale für die Abwehr-Raketen. Ende der 1950er Jahre wurde das experimentelle Ab-

wehrsystem weiter verbessert. Die Gesamtlänge der Datenübertragungen erreichte nunmehr mehrere Hundert Kilometer. 1969 wurde das System durch ein modernes Luftabwehr-System ersetzt. Bald wurde die neue Übertragungstechnik auch zur Verbindung automatischer Empfangsstationen mit der Zentrale genutzt, um so rasch die von sowjetischen Raumschiffen bzw. Satelliten übermittelten Daten zur Zentrale zu transferieren [6, S. 16].

2.2 Zweite Phase von Mitte der 1960er bis Ende der 1970er Jahre

Der zweite Entwicklungszeitraum von Mitte der 1960er bis in die zweite Hälfte der 1970er Jahre war im Westen geprägt von der Verbindung von dezentralen Ein-/Ausgabe-Schnittstellen mit dem Zentralrechner bzw. von Computern untereinander. Dabei standen sich zwei Basistechnologien gegenüber: einerseits die Puls-Code-Modulation (PCM) – einer zuverlässigeren Modulationstechnik als die Amplitudenmodulation – und andererseits die Packet-Switching-Technology, die zwischen 1961 und 1967 entwickelt worden war [7]. Im Gegensatz zu klassischen Schaltsystemen, wie sie in der Telefonvermittlungstechnik üblich sind, belegen Packet-Switching-Systeme den Übertragungskanal nicht für die gesamte Dauer der Datenübertragung. Stattdessen werden die Nachrichten in standardisierte Datenpakete aufgeteilt, mit Adress- und Steuerdaten versehen und in freien Zeitabschnitten versendet. Ursprünglich wurde diese Technik für die Datenfernübertragung entwickelt, dann aber rasch in lokalen Netzwerken verwendet [8]. In den 1970er entstanden erste Computernetzwerke (Abbildung 2).

Auch im COMECON experimentierte man in den 1960er und 1970er Jahren mit Datenübertragungstechnik und Computernetzwerken, insbesondere in großen wissenschaftlichen Instituten, wie z. B. im Vereinigten Kernforschungszentrum in Dubna (UdSSR) oder im Institut für Hochenergiephysik in Moskau. Ähnlich wie im Westen wurden die lokalen Datennetze über das öffentliche Telefonnetz verbunden. Auch in anderen RGW-Staaten sind ähnliche Aktivitäten zu verzeichnen. So bot z. B. die Ungarische Post seit 1967 Datenfernübertragung als neue Serviceleistung an. Seit 1969 betrieb die Deutsche Post in der DDR ein Hochgeschwindigkeitsdatennetz für maximal 600 Nutzer. Das Zentralbüro für Statistik der DDR verwendete Datenfernübertragungseinrichtungen seit 1971.

Politischer Hintergrund für die Entwicklung von Datenübertragungstechnik waren die Liberalisierungstendenzen während der Tauwetter-Periode in der UdSSR, nachdem der damalige KPdSU-Parteichef Nikita S. Chruschtschow auf dem 20. Parteitag der KPdSU 1956 in einer „Geheimrede“ den Personenkult um Stalin und die damit verbundenen Verbrechen kritisiert hatte. Bald setzten sich aber konservative Kräfte um Leonid Breschnew durch, der im Oktober 1964 Erster Sekretär der KPdSU wurde.

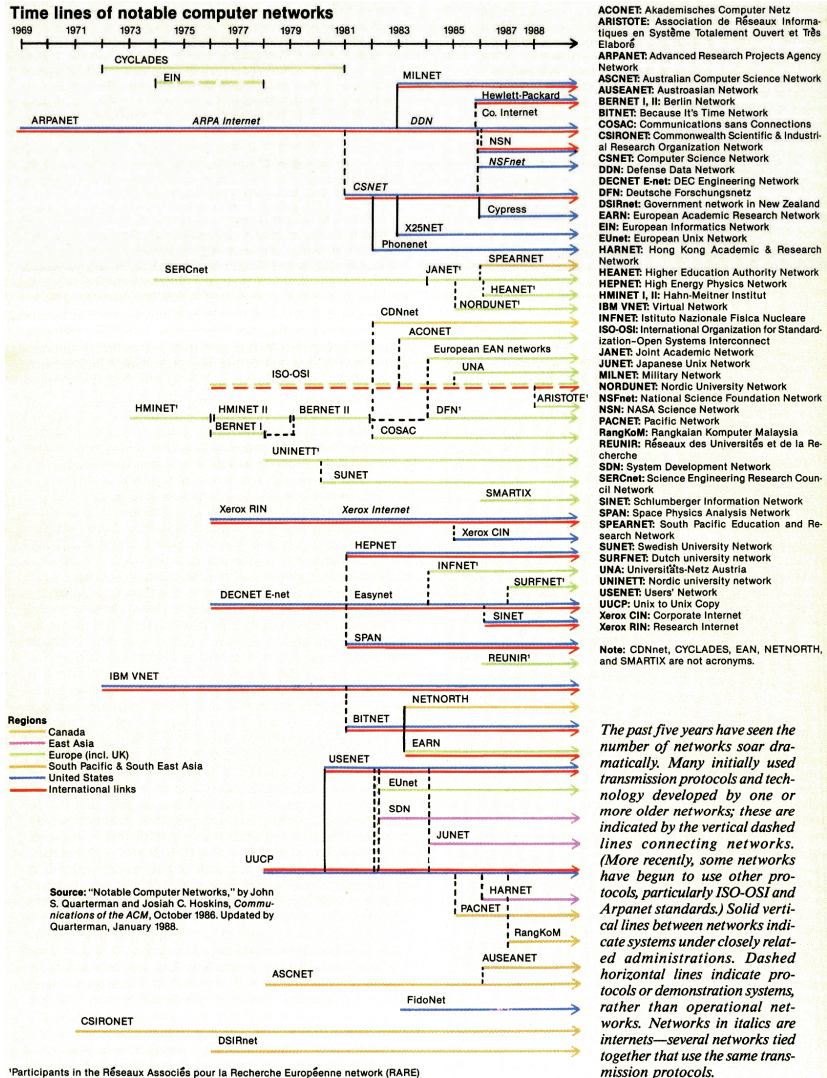


Abbildung 2: Computernetzwerke in den USA und Westeuropa [9]

Bereits 1962 hatte Viktor M. Gluškov, Direktor des Instituts für Kybernetik der Ukrainischen Akademie der Wissenschaften, die Idee, ein Computernetzwerk für ein landesweites Leitungs- und Führungssystem in der Wirtschaft (OGAS) zu entwickeln [1]. Die politische Führung begrüßte nach einigem Zögern das neue Instrument, das ihr den totalen Zugriff auf alle Betriebe ge-

statten sollte, sah sie doch darin eine Möglichkeit, die Planwirtschaft zu verbessern, um im Systemwettstreit mit dem Westen bestehen zu können. Gluškov verwies zwar auf technische Probleme, wie die ungenügende Verfügbarkeit von Rechentechnik oder darauf, dass das sowjetische Telefonnetz langfristig nicht als digitales Übertragungsnetz dienen könne, nährte aber auch überzogene Wünsche nach einem vollautomatischen kontinuierlichen Planungs- und Leistungsprozess, der den Plan ständig an sich wandelnde wirtschaftliche Realitäten und politische Prioritäten anpassen würde. Er schätzte die Kosten während eines Realisierungszeitraums von 15 Jahren auf rund 20 Mrd. Rubel, dem aber ein Nutzen von etwa 100 Mrd. Rubel gegenüber stünde.

Das OGAS-System war als Schichtstruktur mit verschiedenen Ebenen konzipiert (Abbildung 3). Die Betriebe nutzen lokale Großrechenzentren (3). Die nächsthöhere Ebene bilden die Rechenzentren der einzelnen Sowjetrepubliken (2); an der Spitze stehen die Rechenzentren der zentralen Leitungsorgane (1). Alle Rechenzentren sollten vernetzt sein und Anfragen in Echtzeit beantworten.

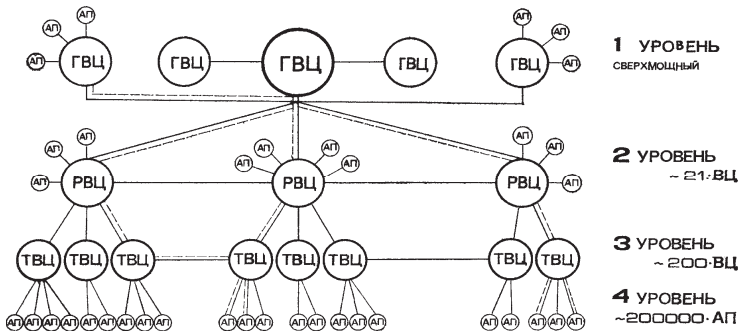


Abbildung 3: Struktur des gesamtstaatlichen Leitungs- und Planungssystem in der UdSSR [10, S. 42]

In den USA entwickelte J. C. R. Licklider, ein heute oft zitierter Visionär der modernen Informationsgesellschaft, vergleichbare Vorstellungen. Er prognostizierte, dass zwischen 1970 und 1975 „Thinking Center“ existieren würden, die miteinander über ein breitbandiges Netzwerk kommunizieren sollten [11]. Während es Licklider mehr um die Verarbeitung von Informationen im weitesten Sinne ging, stellte Gluškov die Daten aus der ökonomischen Sphäre ins Zentrum seiner Überlegungen. Realisiert wurden beide Ideen nicht.

Der Idee, das System der Zentralen Planwirtschaft durch den Einsatz von Computertechnik zu verbessern, standen viele Schwierigkeiten gegenüber. Da in den Jahren zuvor die Datenverarbeitungstechnik nicht im Fokus der Wirtschaftspolitik lag, mangelte es nun an Entwicklungs- und Produktionskapazitä-

ten. Deshalb beschloss 1969 der RGW mit dem Einheitlichen System Elektronischer Datenverarbeitung (ESER, russische Abkürzung Ryad) einen einheitlichen Standard. In einem ersten Schritt waren in der UdSSR, DDR, Ungarn, Polen, Rumänien, Bulgarien und der Tschechoslowakei 20.000 Wissenschaftler und 300.000 Beschäftigte in 70 Staatsbetrieben an diesem großen Projekt beteiligt. 1973 waren die ersten ESER-Anlagen verfügbar, für die es auch Datenübertragungskomponenten gab. Als Modell für dieses standardisierte Computersystem diente erst das System 360, später das System 370 von IBM [4, S. 174 ff.]. Die Entscheidung, das ESER-System als zum Teil verbesserte IBM 360-Klone auszuführen, führte zu einer engen Verknüpfung der RGW-Computertechnik mit der Technologieentwicklung. Es gelang den sozialistischen Ländern aber bis 1990 nicht, den technologischen Abstand zum Westen aufzuholen.

Informationen über die westliche Computertechnik konnten meist legal bezogen werden. So gab es stets Handelsbeziehungen zwischen den Staaten in Ost und West. Die sozialistischen Staaten kauften in den 1960er Jahren Computer im Westen. Weiterhin erwarben Firmen aus dem COMECON Lizenzen im Westen. So produzierte die ČSSR die Bull-Rechenanlage Gamma-GE 140/145 in Lizenz als Tesla 200. Auch Ungarn und Rumänien produzierten Rechentechnik nach französischen Lizenzen. Die Polnische Odra-1300-Serie verwendete Software von ICL. 1973 unterzeichneten die US-Firma CDC und die sowjetischen Regierung einen Vertrag über eine intensive Zusammenarbeit [12].

Um 1980 änderte sich die Situation radikal. Nach seiner Wahl zum US-Präsidenten verschärfte Ronald Reagan die Embargo-Bedingungen für den Osthandel. Anlass dafür war der Einmarsch von Truppen der Roten Armee in Afghanistan im Dezember 1979 sowie die drohende Intervention der Sowjetunion in Polen nach der Zuspitzung der dortigen politischen Lage. Die Reagan-Administration sah in der Beschränkung des Zugriffs auf Hochtechnologie ein entscheidendes strategisches Mittel, um den Osten in seiner technischen Entwicklung behindern zu können.

2.3 Dritte Phase von Ende der 1970er bis Ende der 1980er Jahre

Während der dritten Phase kamen im Westen lokale Computernetzwerke (LAN = Local Area Network) auf den Markt. In dieser Zeit entstanden verschiedene Netzwerkarchitekturen. Außerdem kam es zu einer zunehmenden Differenzierung zwischen militärischen Paketvermittlungssystemen und zivilen Standardsystemen sowie den zivilen CCITT Normen und den OSI-Standards (OSI – Open System Interconnection). Das CCITT war bis zur Organisationsreform 1993 eines der technischen Komitees der ITU (International Telecommunication Union). Bis heute erarbeitet dieses Komitee, nun als ITU-T,

technische Normen, Standards und Empfehlungen für alle Gebiete der Telekommunikation.

Ende der 1980er Jahre begann eine neue Phase, in der zunehmend verschiedene Netzwerke gekoppelt und höhere Übertragungsgeschwindigkeiten erreicht wurden. In dieser Zeit avancierte das Modem zum Standard-Peripheriegerät von Personalcomputern. Da aber 1989 der Kalte Krieg endete, soll dieser Zeitraum hier nicht weiter betrachtet werden.

Tabelle 1: Ausgewählte Computernetzwerke im COMECON

1974	network of the Hungarian Academy of Science
1977	network of the Central Research Institute for Physics, Budapest
1977	network of the Polish Scientific Centers
1977	public net in Czechoslovakia
1978	terminal network of the Research Institute for Applied Computer Science, Budapest (SzÁMKI); research for Videoton network
1981	DELTA (Academy of Science of GDR)
1982	IHDnet (University for Applied Sciences Dresden, GDR)
begin '80s	LANCELOT (Humboldt University Berlin)
begin '80s	SEKOP (Keldysh Institute of Applied Mathematics, USSR Academy of Science)
begin '80s	LOTUNET (University of Technology Dresden, GDR)
mid '80s	LOCHNESS (Local Highspeed Network System of the Central Research Institute for Physics, Budapest)
mid '80s	EXLOC (Videoton, Budapest)
1986	ROLANET (Robotron, Nachrichtenelektronik Leipzig, GDR)

Vergleichbar mit dem Westen wurden auch im COMECON in dieser Zeit Computernetze und Datenfernübertragungstechnik entwickelt, getestet und schließlich genutzt. Vorreiter waren dabei im zivilen Bereich die Großforschungseinrichtungen. Einerseits entstanden bei den Experimenten große Datenmengen, die es zu übertragen, zu speichern und auszuwerten galt. Andererseits gab es hier – u. a. im Rahmen internationaler Kooperationen – durchaus die Möglichkeit, auf westliche Technologien zurückgreifen zu können. So wurden im Labor für Neutronenphysik des Vereinigten Kernforschungszentrums in Dubna etwa zwanzig Computer der PDP-11-Familie für die Steuerung von Messungen sowie die Datenerfassung verwendet. 1982 wurde ein Datentransfersystem mit seriellen Standard-Schnittstellen für diese Zwecke imple-

mentiert [13]. Ähnlich wie im Westen – CERN spielte bekanntlich eine wichtige Rolle in der Entwicklung des Internets – trieben die großen Datenmengen aus den physikalischen Experimenten die Entwicklung der Übertragungstechnik voran.

Aber auch allgemein war klar geworden, dass die Vernetzung von Computern eine Zukunftstechnologie war. 1981 nahm die ungarische Post ein öffentliches Hochgeschwindigkeitsnetz in Betrieb. DDR-Informatiker arbeiteten intensiv am Computer-Netzwerk DELTA. Das DELTA-Konzept wurde als Modell für den Aufbau eines nationalen Computernetzwerks zwischen Bildungs- und Forschungseinrichtungen in der DDR entwickelt. 1982 gelang eine experimentelle Datenübertragung zwischen Berlin und Prag, bei der es z. B. möglich war, E-Mails zu senden und zu empfangen [14]. Tabelle 1 zeigt eine Auswahl von Computernetzen im COMECON.

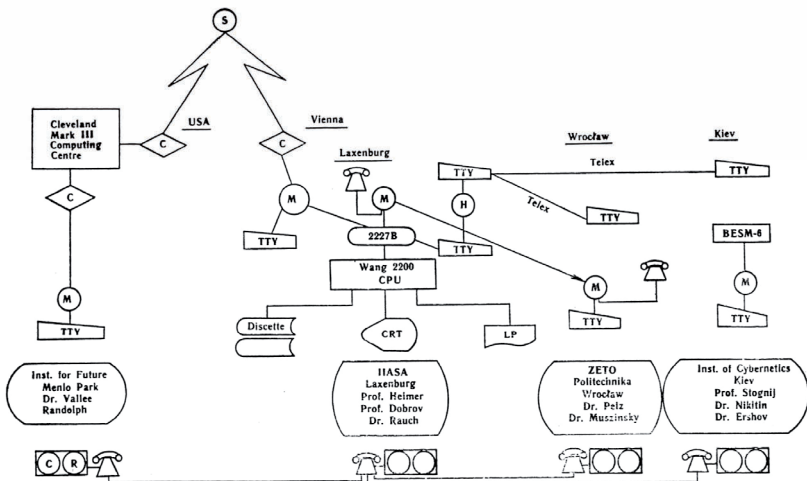


Abbildung 4: Experimentelle Transatlantik-Datenfernübertragung im Juli 1977 [15]

Wie erwähnt, verschärfte sich der Kalte Krieg nach 1980. Dennoch brachen die wissenschaftlichen Kontakte niemals ab. Auf internationalen Konferenzen hatten Informatiker aus dem COMECON z. B. die Möglichkeit, westliche Kollegen zu treffen und gemeinsame Themen zu diskutieren. So fand seit 1977 alle vier Jahre ein internationaler Kongress über Computernetzwerke in Budapest statt. Generell kann man sagen, dass die UdSSR und die anderen COMECON-Länder aktive Mitglieder in internationalen Organisationen waren, wie z. B. der IFAC (International Federation of Automatic Control) oder der IFIP (International Federation for Information Processing).

Ein wenig bekanntes Kooperationsprojekt zwischen Ost und West sei hier noch erwähnt (Abbildung 4). Im Juli 1977 organisierte das International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), das in Laxenburg in der Nähe von Wien seinen Sitz hat, eine dreiwöchige experimentelle Verbindung zwischen Wissenschaftlern aus vier Ländern: Österreich, Polen, UdSSR und USA [1], [15]. Interessant ist dabei vor allem die Motivation für das Projekt: Eine Gruppe unter der Leitung des am IIASA tätigen sowjetischen Wissenschaftlers Gennadij Dobrov betrachtete Wissenschaft als eine kumulative Teamaktivität. Computer-Netzwerke sollten dazu beitragen, die wissenschaftliche Zusammenarbeit von Wissenschaftlern aus unterschiedlichen Ländern zu unterstützen, unabhängig von finanziellen und administrativen Problemen bei der Reise und Arbeit im Ausland.

3 Zusammenfassung

Die Computertechnik wurde im Kalten Krieg als strategisch wichtige Technologie angesehen. Dennoch kann man zeigen, dass die Informatiker in den führenden sozialistischen Staaten durchaus über die Aktivitäten ihrer Kollegen im Westen informiert waren und umgekehrt – sei es durch westliche Fachliteratur, durch den Besuch gemeinsamer internationaler Konferenzen oder auch durch die Mitarbeit von Spezialisten in verschiedenen internationalen Organisationen. Auch die Wirtschaftsbeziehungen brachen nie ab. Im Ergebnis wurde im COMECON vergleichbare Hard- und Software in der Computertechnik eingesetzt wie im Westen. Das führte u. a. dazu, dass das Ende des Kalten Krieges für viele osteuropäische Informatiker zweifellos ein großer persönlicher Einschnitt war, dies aber nicht die völlige Entwertung ihres Wissens bedeutete, da sie die westliche Technologie kannten, nicht zuletzt weil sie viele Jahre mit Klon-Technik gearbeitet hatten.

Deutlich wird auch, dass die Utopie eines weltweiten Computernetzwerkes kein Wunschtraum verschrobener Technikenthusiasten war. Auf beiden Seiten des Eisernen Vorhangs stand das Wissensmanagement im Mittelpunkt. Die militärisch relevanten Großforschungseinrichtungen im Bereich der Teilchenphysik und der Weltraumforschung wirkten als Vorreiter bei der Entwicklung schneller lokaler Datennetze. Im überregionalen Bereich drängten die Einrichtungen der meteorologischen Dienste und der Erdbebenvorhersage, der internationale Luftverkehr und die Nachrichtenagenturen auf die Ausbildung von Computernetzwerken. Während im Westen der Versuch im Vordergrund stand, allgemein den *information overload* zu meistern, stand im RGW der Wunsch im Mittelpunkt, das System der zentralen Planung und Wirtschaftsleitung effizienter zu gestalten, um so im Systemwettstreit bestehen zu können.

4 Literatur

- [1] DITTMANN, F. (2009): Technik versus Konflikt. Wie Datennetze den Eisernen Vorhang durchdrangen. *Osteuropa* 45 (10), S. 101-119.
- [2] REDMOND, K. C. & SMITH, TH. M. (2000): From Whirlwind to MITRE. The R&D Story of the SAGE Air Defense Computer. *Cambridge/Mass.: MIT Press*.
- [3] BURTSEV, V. S. (2001): Distributed Systems: The Origins of Computer Networks in the USSR. In: *Trogemann, G.; Nitussov, A. & Ernst, W. (Hrsg.), Computing in Russia, Braunschweig: Vieweg, S. 215-220*.
- [4] NAUMANN, F. (2001): Vom Abakus zum Internet. *Darmstadt: Primus*.
- [5] CROWE, G. D. & GOODMAN, S. (1994): S. A. Lebedev and the Birth of Soviet Computing. *IEEE Annals of the History of Computing* 45 (1), S. 4-24.
- [6] GUROW, W. S.; JEMELJANOW, G. A.; JETRUCHIN, N. N. & BASILEWITSCH, J. W. (1969): Grundlagen der Datenübertragung. *Leipzig: Geist & Portig*.
- [7] DAVIES, D. W. (1986): A personal View of the origins of packet switching. In: *Csaba, L. (Hrsg.), Proceedings of the IFIP TC 6 working Conference COMNET '85, Amsterdam: North Holland, S. 1-13*.
- [8] HELLIGE, H. D. (1994): From SAGE via ARPANET to ETHERNET. *History and Technology* 11, S. 49-75.
- [9] BELL, C. G. (1988): The Gordon Bell calls for a U.S. research network. *IEEE Spectrum* Feb. 1988, S. 54-57.
- [10] ŽIMERIN, D. G. (1975): Obščegosudarstvennaja avtomatizirovannaja sistema upravljenja (OGAS). *Moskva*.
- [11] TAYLOR, R. W. (Hrsg.) (1990): In memoriam: J. C. R. Licklider: 1915-1990. *Palo Alto/Calif.: Digital Equipment Corporation*.
- [12] BERENYI, I. (1970): Computer in Eastern Europe. *Scientific American* 223 (4), S. 102-108.
- [13] GIESE, P. E.; GIESE, P. H. & ALFIMENKOV, A. V. (1985): A LAN Concept for a Physical Laboratory. In: *Csaba, L. (Hrsg.), Proceedings of the IFIP TC 6 working Conference COMNET '85, Amsterdam: North Holland, S. 379-382*.
- [14] Heft *Rechentchnik / Datenverarbeitung* 20, 1983, Heft 6..
- [15] DOBROV, G. M.; RANDOLPH, R. H. & RAUCH, W. D. (1978): Information Networks for International Team Research. *International Forum on Information and Documentation* 3 (3), S. 3-13.

Automatisierungstechnik und Informatik an der Humboldt-Universität zu Berlin – ein Sonderweg

WOLFGANG WELLER

BITWeller@t-online.de

Mit der vorliegenden Darlegung soll vor allem ein historischer Abriss der Entwicklung der Automatisierungstechnik und – eingeschränkt – der Informatik an der Humboldt-Universität zu Berlin im Kontext der wirtschaftspolitischen Entwicklung aus der Sicht eines Zeitzeugen gegeben werden. Der betrachtete Zeitraum erstreckt sich auf die Jahre 1970 bis zur Jahrtausendwende.

1 Entstehung einer wissenschaftlichen Basis auf den Gebieten der Automatisierungstechnik und Informatik im (Ost-) Berliner Raum

Die DDR hatte mit der Teilung Deutschlands einen beachtlichen Anteil der einstmals bedeutenden in Berlin ansässigen elektrotechnischen Industrie übernommen und mit ihren bescheidenen Mitteln teilweise ausgebaut. Die diesbezüglichen Produktionskapazitäten befanden sich traditionell im Raum Oberschöneweide, weiterhin verteilt innerhalb Ostberlins sowie in Teltow und Stahnsdorf und später auch in Frankfurt/Oder.

Die Teilung Berlins – verstärkt durch den Bau der Mauer – verdeutlichte zunehmend den Mangel an einer Bildungs- und Forschungseinrichtung mit Hochschulniveau besonders für die Belange der vorhandenen elektrotechnischen Industrie. Hier machte sich besonders das Fehlen einer Einrichtung, wie der TU Charlottenburg, bemerkbar, welche teilungsbedingt Westberlin zugeordnet war. Diese Erkenntnis führte zu der Entscheidung, geeignete Kapazitäten, wenn auch in beschränkter Form, im Raum Ostberlins zu erstellen. Dies führte einerseits zum Aufbau entsprechender Forschungskapazitäten im Rahmen der Akademie der Wissenschaften vor allem durch Gründung des Zentralinstituts für Kybernetik und Informations-Prozesse (ZKI) in Berlin-Mitte sowie weiterer Institute (Weltraumtechnik, Robotik, Automatisierungstechnik u. a.) auf dem Akademiegelände in Berlin-Adlershof. Des Weiteren entschied man sich nach Erörterung verschiedener Varianten, die benötigte universitäre Forschung und Ausbildung an der Humboldt-Universität einzurichten. Dies entsprach auch dem Humboldt'schen Anspruch einer *universitas literarum*. Dementsprechend wurde dort im Herbst 1970 eine Sektion Elektronik gegründet und der Fakultät für Mathematik und Naturwissenschaften angegliedert.

Das Profil dieser neu gegründeten Einrichtung orientierte sich an den Anforderungen der Hauptbedarfsträger der einschlägigen hauptstädtischen Industrie und gliederte sich dementsprechend in die Schwerpunkte Bauelementetechnologie, Nachrichtentechnik und Automatisierungstechnik. Als Hochschullehrer und Verantwortlicher für das Fachgebiet Automatisierungstechnik wurde der Autor auf den Lehrstuhl Technische Kybernetik berufen. Die Neugründung erfolgte unter erschwerten Bedingungen, da sofort ein großer Ausbildungs- und Qualifizierungsbedarf zu bewältigen war. Ein in diesem Zusammenhang anstehendes schwieriges Problem war dabei die zügige Schaffung einer materiellen Basis besonders für die bei einer Ingenieurausbildung wichtigen Labore. Dabei leistete die örtliche Industrie eine wertvolle materielle Unterstützung. Bald zeigte sich in der Studentenschaft auch eine gewisse internationale Tendenz, die besonders von den studienwilligen Nachkommen der in Ostberlin akkreditierten Diplomaten befördert wurden.

Die Forschungstätigkeit an der Sektion Elektronik war erwartungsgemäß weitgehend an Bedürfnissen der einschlägigen Industrie orientiert und hatte dementsprechend bis in die 80er Jahre vorwiegend Anwendungscharakter. Hauptsächlich Forschungsgegenstände solcher Kooperationsbeziehungen waren die Begleitforschung zu verschiedenen Bauelemente- und Verbindungstechnologien, Beiträge zur Lichtwellenleiterkommunikation, die Entwicklung des Prototyps für ein modulares speicherprogrammierbares Kleinsteuersystem mit Buskopplung (wahlweise in Lichtwellenleitertechnologie) sowie mehrere intelligente Gerätesteuerungen. Später öffnete sich die Forschung zunehmend der Behandlung von Grundlagenproblemen, wobei sich das Fachgebiet Automatisierungstechnik vor allem mit biologisch inspirierten Steuerungs- und Optimierungstechnologien (Fuzzy- und Neuro-Control, Evolutionsstrategische Konzepte) sowie adaptiven und lernfähigen Steuerungen (insbesondere für Roboter) befasste.

In den 80er Jahren zeigte sich die Notwendigkeit einer Ausweitung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Profils der Humboldt-Universität. Dies führte nach Beratungen und Vorschlägen im Fakultäts- und Wissenschaftsrat, an denen auch der Autor beteiligt war, zur Etablierung einer eigenständigen Sektion Informatik.

2 Entwicklung der Automatisierungstechnik und Informatik an der Humboldt-Universität nach dem Fall der Mauer

Mit der Öffnung der Berliner Mauer hatte sich die Humboldt-Universität -und somit auch die Sektionen Automatisierungstechnik und Informatik quasi über Nacht der Konkurrenz der Wissenschaftslandschaft Westberlins zu stellen. Dabei zeigte sich, dass die Studentenschaft der vorgenannten Sektionen – nach anfänglicher Neugier – ihrer *alma mater berolinensis* weitgehend die Treue

hielt und auch fortbestehendes Studieninteresse bestand. Eine unmittelbare Folge dieser politischen Entwicklung war die weitgehende Entwertung der vorhandenen vorwiegend rechner-gestützten Systeme, welche die technischen Disziplinen besonders betraf. Daher war es besonders wichtig, die technische Ausstattung der Arbeitsplätze und Labore schnellstmöglich auf den international üblichen Stand zu bringen. Hier gelang es beispielsweise dem Fachgebiet Automatisierungstechnik dank eingeworbener großzügiger Donationen, rasch aufgenommener Kooperationsbeziehungen zu namhaften Firmen in den westlichen Bundesländern und gezieltem Einsatz von Haushaltsmitteln in relativ kurzer Zeit eine umfassende Neuausstattung der Arbeitsplätze und Labore mit z. T. modernster Technik zu realisieren.

Nach der Wende wurde die Sektion Elektronik in Fachbereich Elektrotechnik umbenannt. Dabei kam es auch zur Gründung eines Instituts für Automatisierungstechnik, in das auch das Fachgebiet Mess- und Prüftechnik integriert wurde. Die Hochschullehrer wurden von einer eingesetzten Wissenschaftskommission bewertet und durchweg positiv evaluiert.

Unmittelbar nach dem Fall der Mauer konnten endlich auch Kontakte zu vielen uns bisher fast nur aus Veröffentlichungen bekannten Fachkollegen an der Technischen Universität Charlottenburg aufgenommen werden. Davon wurde nicht nur von Seiten der Hochschullehrer, sondern auch der Assistenten und Studenten reger Gebrauch gemacht. Außerdem wurden Beziehungen zur dortigen Informatik aufgenommen. Als Zeichen besonderer Unterstützung gilt dabei besonders die großzügige Abgabe einer kompletten Prozessrechneranlage. Mit ihrem Erhalt war es uns möglich, den lang gehegten Wunsch einer eigenen Ausbildung im Fach Prozessrechner-technik zu verwirklichen. Die gewonnenen Freiräume ermöglichten auch, innerhalb kurzer Zeit neue Kooperationsbeziehungen mit anderen Hochschuleinrichtungen in den alten Bundesländern aufzunehmen. Diese bezogen sich vorzugsweise auf die Gebiete Fuzzy-Technologie sowie evolutionsstrategische Optimierung. Ein besonders schönes Ergebnis solcher Zusammenarbeit war die Entwicklung einer Evolutionsstrategischen Maschine ESM 1.

Nach derart positivem Start löste die vom damaligen Wissenschaftssenator im Rahmen einer Neustrukturierung der Berliner Wissenschaftslandschaft getroffene Entscheidung, nach der die Lehre und Forschung der ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen aus der Humboldt-Universität ausgegliedert und stattdessen an die Technische Universität Charlottenburg verlagert werden sollte, bei den Betroffenen einen Schock aus. Dazu war zunächst vorgesehen, einen Kern der Professorenschaft, zu dem auch der Autor zählte, zusammen mit einer geringen Anzahl von Assistenten an die TU Berlin zu überführen, um das dortige Personal bei dem erwarteten Zulauf von Ingenieurstudenten aus der Humboldt-Universität zu unterstützen. Nach bereits weit gediehenen Vorbereitungen dieses Transfers beschloss indessen das Abgeordnetenhaus von Berlin,

dieses Vorhaben angesichts der entstehenden Personalkosten abzulehnen. Dementsprechend endete die Ausbildung und Graduierung von Ingenieurstudenten an der Humboldt-Universität im Frühjahr 1998. Damit fand für den Fachbereich Elektrotechnik der mit soviel Hoffnung begleitete Aufbruch sein Ende. Wenige Jahre später wurde von der Industrie über mangelnden Ingenieurwachstum geklagt.

Während des Auslaufens der ingenieurtechnischen Ausbildung im Fachbereich Elektrotechnik wurden die Aktivitäten des Instituts für Automatisierungstechnik zunehmend auf die im Universitätsverband verbliebene Informatik verlagert. Basierend auf dem vorliegenden Erfahrungsstand wurden dort über mehrere Jahre hinweg Lehrveranstaltungen über Softcomputing (I, II) sowie Robotik angeboten, welche guten Zuspruch fanden.

Ein erfreulicheres Schicksal war dem Fachbereich Informatik beschieden, indem dieser die Wirren der Nachwendezeit im Verband der Humboldt-Universität überlebte. Dabei kam es dort zu einer Neuorientierung und Profilerweiterung sowie in größerem Umfang zu externen Neuberufungen.

Ein Meilenstein der Entwicklung war hier der im August 1998 vollzogene Umzug der Informatiker von Berlin-Mitte nach dem Campus Berlin-Adlershof. Dort entwickelte sich im Rahmen eines großen städtebaulichen Projekts auf dem Gelände des ehemaligen Wissenschaftsstandortes der DDR der sog. Wissenschaftsstandort Adlershof (WISTA). Inzwischen haben sich dort die übrigen naturwissenschaftlichen Institute der Humboldt-Universität sowie zwölf außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und über 360 technologieorientierte Unternehmen angesiedelt. Daraus ist ein Campus für Wissenschaft und Wirtschaft entstanden, der Synergien und neue Impulse verspricht.

3 Postuniversitäre Tätigkeiten

Das verordnete Ende der universitären Ausbildung zukünftiger Ingenieure durch den Fachbereich Elektrotechnik hatte naturgemäß gravierende Auswirkungen auf die dort Beschäftigten. Die geringsten Probleme hatten die Assistenten und wissenschaftlichen Mitarbeiter. Sie fanden innerhalb kürzester Zeit vorzugsweise im süd- und südwestdeutschen Raum eine attraktive Beschäftigung oder gingen an Fachhochschulen und wurden dort in Einzelfällen später berufen. Einige wenige Mitarbeiter wurden vom Fachbereich Informatik übernommen, die älteren gingen in den (Vor-) Ruhestand, und der Rest wurde von der Universität „freigestellt“.

Bezüglich der weiteren beruflichen Perspektive freigestellter vormaliger Universitätsangehöriger kann der Autor beispielhaft nur über sich selbst berichten. Entsprechend der sich abzeichnenden Abwicklung hat dieser die vorhandenen Kooperationsbeziehungen zu Industriebetrieben frühzeitig ausgebaut. Daraus entwickelte sich die Gründung eines eigenen Ingenieurbüros für

Intelligente Informationstechnologien, das eine Weiternutzung des vorhandenen Fachwissens ermöglichen sollte. In diesem Rahmen wurden aufeinanderfolgend für unterschiedliche Auftraggeber mehrere innovative Lösungen erarbeitet. Einen gewissen Höhepunkt bildete die Mitarbeit an einem Gemeinschaftsprojekt mit der Ruhr-Universität Bochum. Hierbei handelte es sich um die Entwicklung eines Konzepts für ein innovatives Verkehrssystem für den unterirdisch verlaufenden automatisierten Gütertransport. Der Beitrag des Ingenieurbüros bestand hier in der Zuarbeit des dezentral organisierten Kommunikations- und Steuerungssystems, wobei vorliegende Erkenntnisse aus früheren Forschungsarbeiten über verteilte Steuerungen und mobile Robotersysteme mit Agenteneigenschaften einfließen.

In jüngerer Zeit knüpft das Forschungsinteresse des Autors an die vorausgegangene Beschäftigung mit biologisch inspirierten Informationstechnologien an. In Abkehr von den bisherigen rein technischen Anwendungen sind nunmehr natürliche und insbesondere lebendige Systeme in den Focus gerückt, wobei Möglichkeiten untersucht werden, kybernetische bzw. automatisierungstechnische Methoden zu ihrer Behandlung einzusetzen. Ein weiteres Arbeitsgebiet sind energetische Systeme auf der Basis regenerativer Energiequellen. Hier wird versucht, vorhandenes System- und Steuerungswissen in innovative Strukturen und intelligente Steuerungskonzepte umzusetzen. Somit wird das an der Universität erworbene Fachwissen weiter ausgebaut und auf neue Anwendungen übertragen.

Zum Abschluss noch der Hinweis auf eine Ironie der Geschichte: Vor zwei Jahren siedelten sich die ingenieur-technischen Fachbereiche der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) just auf dem traditionsreichen Gelände der Berliner elektrotechnischen Industrie in Oberschöneweide an und bezogen sogar einige der aufwändig sanierten und bedarfsgerecht eingerichteten ehemaligen Industriegebäude. Doch statt des entsprechenden Umfeldes findet sich dort nur noch eine Industriebrache. Die einstigen Produktionsstätten sind inzwischen verwaist und werden kaum noch genutzt. Doch inzwischen gibt es auch die ersten Neuansiedlungen. So haben sich eben die Zeiten geändert.

Wirtschaftsinformatik an der HfÖ Berlin

Grundlagen der Ausbildung von Studierenden an der Hochschule für Ökonomie und die Überführung des Studienganges an die Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

PETER ZSCHOCKELT

Peter@Zschockelt.de

An der Hochschule für Ökonomie Berlin wurde 1964 sehr frühzeitig zunächst mit einer Spezialisierung Studierender der Finanzwirtschaft auf dem Gebiet der Rechentechnik und ab 1967 mit einem eigenständigen Studiengang Ökonomische Datenverarbeitung die Ausbildung Studierender auf dem heutigen Gebiet der Wirtschaftsinformatik begonnen. Die Anwendung der modernen Rechentechnik in der Wirtschaft als sich entwickelnde eigenständige Wissenschaftsdisziplin prägte die weitere Gestaltung des Studienganges. Ein besonderer Schwerpunkt war dabei die Anwendung quantitativer Methoden in der Wirtschaft. Mit der Gründungs einer Sektion (später Wissenschaftsbereich) Wirtschaftsinformatik an der Hochschule für Ökonomie wurden alle der Wirtschaftsinformatik zuzurechnenden Informatikfächer gebündelt. Im Ergebnis wurde ein hohes fachliches Niveau der Ausbildung erreicht. Durch die Abwicklung der Hochschule für Ökonomie im Jahre 1991 wurde diese erfolgreiche Entwicklung institutionell beendet. Die Ergebnisse der langjährigen Lehr- und Forschungsarbeit haben dennoch zur Bereicherung der gesamtdeutschen Informatiklandschaft beigetragen.

1 Die Ausbildung von Studierenden der Wirtschaftsinformatik an der HfÖ Berlin

Die Wurzeln der Wirtschaftsinformatik an der Hochschule für Ökonomie Berlin (künftig HfÖ) lagen beginnend im Jahr 1964 im Institut für Ökonomische Datenverarbeitung und im Organisations- und Rechenzentrum. Mehrfache Umstrukturierungen mündeten 1986 in der Vereinigung beider Strukturen in der Sektion Wirtschaftsinformatik. Kennzeichnend für diesen Weg der frühzeitigen Herausbildung einer eigenständigen Studienprofils der Wirtschaftsinformatik an der HfÖ war die enge Verbindung von Lehre, Forschung und praktischer Anwendung der Informatik. Dies soll nachfolgend an einigen Fakten erklärt werden.

1.1 Das Organisations- und Rechenzentrum (ORZ)

Auf Initiative von Prof. Dr. Heinrich Bader wurde an der Finanzökonomischen Fakultät im Jahre 1964 erstmalig eine Spezialisierung des Diplomstudiums mit den Fächern Wirtschaftsmathematik und Maschinelle Datenverarbeitung ermöglicht. Parallel dazu wurde unter Dipl. math. Klaus Stengert die praktische Basis der Ausbildung mit dem Aufbau eines Rechenzentrums geschaffen, dessen technisches Kernstück der ZRA 1 [1] war.

Mit der Umstrukturierung des Rechenzentrums zum Organisations- und Rechenzentrum (ORZ) wurden später die Aufgaben auf die Realisierung von Verwaltungsarbeiten für alle Bereiche der HfÖ ausgedehnt. Das ursprüngliche Aufgabenspektrum der Unterstützung von Lehre und Forschung wurde dabei aber niemals vernachlässigt. Die Übernahme kommerzieller Dienstleistungsaufgaben für Betriebe diente fernerhin nicht nur der Erwirtschaftung finanzieller Mittel sondern auch der Gewinnung von Erfahrungen bezüglich des Einsatzes der Rechentechnik für die Wirtschaft.

Inhaltlich konzentrierte sich die Arbeit des ORZ bezüglich der Lehre vorwiegend auf die Vermittlung von Programmiersprachen. Neben mehreren problemorientierten (ALGOL, FORTRAN, PL/1, PASCAL u. a.) und maschinenorientierten (MOPS u. a.) Sprachen wurden den Studierenden jedoch auch Methoden der rationellen Programmierung sowie Fertigkeiten zur Entwicklung nachnutzungsfähiger Software vermittelt. Zielstellung war dabei, Studierende ökonomischer Fachrichtungen frühzeitig in der Ausbildung mit der Nutzung rechentechnischer Methoden vertraut zu machen und speziell Studierende der Informatik für die Gestaltung wirtschaftsspezifischer Software zu befähigen.

Bezüglich der Forschung dominierte zunächst die Anwendung mathematischer Methoden in der Wirtschaft. So wurden bereits 1964 Diplomthemen wie „Die moderne Rechentechnik, eine Möglichkeit zur Teilmechanisierung und zur Verbesserung des Wirkungsgrades der betrieblichen Finanzplanung ...“ vergeben. In den Sammelbänden „Operationsforschung in der sozialistischen Betriebswirtschaft“ [2] und „Mathematik und Wirtschaft“ [3] finden sich auch Beiträge von Mitarbeitern des ORZ zur Nutzung der Rechentechnik für die Anwendung mathematischer Methoden in der betrieblichen Kostenplanung.

Mit der späteren Ausdehnung der Anwendungsgebiete der Informatik in der Wirtschaft auf komplexe Informations- und Kommunikationssysteme widmete sich das ORZ beginnend am Ende der 60er Jahre als Mitglied des Arbeitskreises „Leitungs- und Informationssystem Hochschulwesen“ der Entwicklung nachnutzungsfähiger Software für das Personal- und Arbeitskräftewesen. Das daraus hervorgegangene Projekt „Personalstammdatei“ und Nachfolgeprodukte wurde an ca. 40 Hochschulen, Kliniken, Instituten und Betrieben genutzt und erzielte einen Erlös von ca. 750.000 Mark der DDR durch kommerzielle Verwertung. Technologische Grundlage des Projektes war ein

Non-Standard-Datenbanksystem auf Basis des NF2-Datenmodells (Non First Normal Form). Die beachtliche Zahl von Nachnutzungen des Projektes wurde durch eine Vorgabe standardisierter Informationsmodule einerseits und die durch den Nachnutzer anpassungsfähige Modellbeschreibung durch externe Metadaten andererseits erreicht. Die im ORZ praktizierte enge Verbindung zwischen praktischer Nutzung der Rechentechnik in der Wirtschaft und der eigene Anspruch auf Verwertung der Ergebnisse für die Forschung resultierte in mehreren Veröffentlichungen auf wissenschaftlichen Tagungen, in Zeitschriften sowie in eigenständigen Forschungsinformationen der HfÖ (z. B. Schwerpunktthema in [4]).

In den 80er Jahren erfolgte entsprechend der wachsenden Bedeutung rechnergestützter Arbeitsplätze in der Wirtschaft eine stärkere Orientierung der Lehre und Forschung auf die technologische Basis Personalcomputer. Für die Lehre bedeutete dies insbesondere den Aufbau des Lehrgebietes Betriebssysteme, inklusive der Entwicklung eines modifizierten Betriebssystems M/OS [5]. In der Projektentwicklung und Forschung erfolgte eine Umstellung auf das Betriebssysteme MS/DOS. Diese Arbeiten wurden jedoch durch die Abwicklung der HfÖ im Jahre 1991 eingestellt.

1.2 Das Institut Ökonomische Datenverarbeitung und kooperierende Wissenschaftsbereiche

Zeitlich annähernd parallel zur Gründung des Rechenzentrums wurden im Institut Ökonomische Datenverarbeitung innerhalb der Industrieökonomischen Fakultät unter Prof. Dr. G. Hermann ab 1965 das erste eigenständige Diplomstudium in der Fachrichtung Ökonomische Datenverarbeitung vorbereitet und Dissertationsthemen vergeben, die inhaltlich der Wirtschaftsinformatik zuzuordnen sind. Erste Studierende der Fachrichtung Ökonomische Datenverarbeitung wurden 1967 immatrikuliert. Fernerhin wurden bereits 1968 Intensivlehrgänge „Ökonomische Datenverarbeitung“ für leitende Wirtschaftskader durchgeführt.

Fachliche Schwerpunkte des Studienganges, der mit mehreren Umbenennungen zum Studiengang Wirtschaftsinformatik an der Hochschule für Ökonomie weiterentwickelt wurde, waren

- Die Technologie der Informationsverarbeitung, eingeschlossen Programmierung und Projektierung von DV-Systemen sowie Leitung und Betrieb von Rechenzentren,
- Mathematische und kybernetische Methoden und Systeme in der Wirtschaft,
- Rechnungsführung und Statistik und
- betriebswirtschaftliche Fächer (Rechnungswesen, Kostenplanung etc.)

Kennzeichnend für die Ausbildung von Studierenden dieser Fachrichtung war also von vornherein die Verbindung datenverarbeitungstechnologischen Wissens mit den Problemen der Umgestaltung ökonomischer Prozesse durch die Anwendung der Operationsforschung (Operations Research) und mathematischer Verfahren (lineare Optimierung, Transportoptimierung, Regressions- und Korrelationsanalyse, Simulation und andere) sowie die Nutzung der modernen Rechentechnik für die Rationalisierung ökonomischer Prozesse. Die besondere Gewichtung der Betriebsorganisation in ihrer Verbindung mit der modernen Rechentechnik führte in der weiteren Entwicklung von Lehre und Forschung an der HfÖ zur strukturellen Konsequenz der Bildung einer eigenständigen Sektion (Fakultät), von der das ORZ aber noch ausgeschlossen blieb. Wesentlich war jedoch, dass damit das Verständnis der Anwendung von Technologien und Methoden der Informatik in der Wirtschaft als eigenständige Wissenschaftsdisziplin akzeptiert wurde.

In der Forschung profilierte sich die HfÖ in einem breit gefächerten Spektrum der Wirtschaftsinformatik. Als Autoren und Herausgeber waren Wissenschaftler der HfÖ beispielsweise an den Büchern „Datenbanken in der Ökonomie“ (Verlag Die Wirtschaft 1988), „Wirtschaftsinformatik – Grundlagen“ (Verlag Die Wirtschaft 1989), „Kybernetik – Eine Einführung für Ökonomen“ (Verlag Die Wirtschaft 1990) beteiligt.

Einen Eindruck vom Stand der Forschung auf dem Gebiet der Wirtschaftsinformatik im Jahre 1989 vermittelt auch der in der Wissenschaftlichen Zeitschrift der HfÖ publizierte Schwerpunkt „Theoretische und praktische Aspekte der Gestaltung integrierter Systeme der rechnergestützten Planung, Leitung, Abrechnung und Kontrolle (unter besonderer Berücksichtigung von Rechnungsführung und Statistik)“ [6]. Unter diesem Schwerpunkt wurden 4 Beiträge zur Anwendung mathematischer und mathematisch-statistischer Methoden in der Betriebswirtschaft, 4 Beiträge zur Technologie der Informationsverarbeitung, 1 Beitrag zu Expertensystemen in der Ökonomie und 2 Beiträge zu volkswirtschaftlichen Gebieten der Informatik veröffentlicht.

Selbstredend war die HfÖ auch auf wissenschaftlichen Tagungen und Kolloquien präsent. Besonders hervorzuheben ist hier die ständige Mitarbeit an den internationalen wissenschaftlichen Tagungen „Mathematik und Kybernetik in der Ökonomie“, die im Jahre 1980 auch von der HfÖ selbst ausgerichtet wurde.

1.3 Der Fachbereich Wirtschaftsinformatik

Im Interesse einer Konzentration aller informatikspezifischen Disziplinen der Wirtschaftsinformatik wurde 1986 die Sektion Wirtschaftsinformatik an der HfÖ gegründet. Sie vereinte die Wissenschaftsbereichen Datenverarbeitung, Operationsforschung, Rechnungsführung und Statistik sowie Leitung der sozi-

alistischen Wirtschaft. Im Interesse einer engeren Verbindung zwischen Theorie und Praxis in der Lehre und Forschung wurde auch das ORZ in diese Struktur integriert. Die betriebswirtschaftliche Ausbildung der Studierenden des Studienganges Wirtschaftsinformatik erfolgte durch die Sektion Sozialistische Betriebswirtschaft mit den Wissenschaftsbereichen Betriebsplanung und wirtschaftliche Rechnungsführung, Kostenrechnung und Bilanzierung. Mit dem Versuch, die Hochschulstruktur der HfÖ den Erfordernissen einer gesamtdeutschen Hochschullandschaft anzupassen, erfolge 1990 eine weitere Profilierung zum Fachbereich Wirtschaftsinformatik mit den Instituten Informatik (eingeschlossen das ORZ) und Quantitative Methoden/Statistik/Mathematik/Operationsforschung. Das Curriculum Wirtschaftsinformatik wurde laut Überblick über den Studiengang WI [7, Anlage 1] für ein achtsemestriges Diplomstudium mit folgendem Inhalt (nur Prüfungsfächer, daneben waren gute Englisch-Kenntnisse eine notwendige Voraussetzung für die Vordiplom-Zulassung) erstellt:

1. Grundstudium WI, 1. bis 4. Semester mit 86 Semesterwochenstunden (SWS)
 - Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre – 12 SWS,
 - Allgemeine Volkswirtschaftslehre – 12 SWS,
 - Wirtschafts- u. Handelsrecht – 6 SWS,
 - Mathematik (Teil 1: Grundlagen und lineare Algebra, Teil 2: Analysis) – 12 SWS,
 - Statistik (Deskriptive Statistik, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Schließende Statistik) – 12 SWS,
 - Informatik (Rechner- und Betriebssysteme, Algorithmisierung und Programmierung, Software-Entwicklungsmethoden, praktische Übungen im Softwarelabor) – 20 SWS,
 - Technische Grundlagen der Informatik – 4 SWS,
 - Systemanalyse (Grundlagen der Systemanalyse, Theoretische Systemanalyse) – 8 SWS.
2. Hauptstudium WI, 5. bis 8. Semester mit 86 Semesterwochenstunden, daneben ein zusätzliches Praktikumssemester, sofern keine berufspraktischen Erfahrungen nachweisbar waren
 - Wahlpflicht spezielle Betriebswirtschaftslehre – 14 SWS,
 - Informatik (u. a. Softwareentwicklung, Informationssysteme, Projektmanagement und Marketing, Anpassung und Wartung von Software) – 18 SWS,
 - Wirtschaftsinformatik (u. a. Büroautomatisierung, Informationsmanagement, Produktionsplanungssysteme, Computerstatistik) – 18 SWS,

- Quantitative Methoden (Operationsforschung oder Systemanalyse oder Statistik und Ökonometrie) – 18 SWS,
- Wahlfach – 14 SWS,
- Diplomseminar – 4 SWS.

Als Hauptziel des Studiums wurde formuliert: „Im Studiengang Wirtschaftsinformatik werden Hochschulabsolventen mit einer langfristig wirkenden Qualifikation ausgebildet, die für die effektive Anwendung der Informations- und Kommunikationstechnologie in der Wirtschaft ... Softwarelösungen unter ganzheitlichen Aspekten entwickeln und einführen bzw. bereits existierende Lösungen an neue Bedingungen anpassen und weiterentwickeln können.“ [7, S. 3]

Kennzeichnend für das Studium der Wirtschaftsinformatik an der HfÖ in diesem Zeitraum waren aus inhaltlicher Sicht die fundierte mathematisch/statistische Grundausbildung und die Integration mathematischer Modelle und Methoden in die Anwendungs-Szenarien der Wirtschaftsinformatik. Aus methodischer Sicht war der enge Praxisbezug, eingeschlossen die Entwicklung hochschuleigener Programmsysteme beachtenswert. Nachteilig für die Qualität der Ausbildung waren natürlich die in der DDR vorhandenen qualitativen und quantitativen Rückstände auf dem Gebiet der Informationstechnik, die auch nach der deutschen Einheit bis zur Abwicklung der HfÖ nur in geringem Maße aufgeholt werden konnten. Bezüglich der betriebswirtschaftlichen und informatikspezifischen Schwerpunkte der Ausbildung, ergänzt um rechtliche Aspekte der Informatik und um die obligatorische Sprachausbildung, wurde aber ein hohes qualitatives Niveau der Ausbildung erreicht, welches auch den Anforderungen der gesamtdeutschen Marktwirtschaft gerecht werden konnte.

2 Die Überführung der Studierenden auf dem Gebiet der Wirtschaftsinformatik an die neu gegründete Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

Auf Grund der Senatsvorlage Nr. 277/91 des Senators für Wissenschaft und Forschung der Stadt Berlin vom 2. Mai 1991 wurde mit der Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (FHTW – heute: Hochschule für Technik und Wirtschaft) eine neue Fachhochschule errichtet, in die unter anderem das Verwaltungsvermögen der abgewickelten HfÖ einging. In der Vorlage war die Errichtung von jährlich 40 Studienplätzen für Studienanfänger im Studiengang Wirtschaftsinformatik vorgesehen. „Außerdem sind im Zusammenhang mit der Abwicklung der Hochschule für Ökonomie für die Studenten Studienalternativen auf Fachhochschulebene anzubieten.“ [7] Von diesem Angebot machten ab dem Wintersemester 1991/92 ca. 1.200 HfÖ-Studierende der Fachrich-

tungen Wirtschaftsinformatik und Betriebswirtschaft Gebrauch, darunter die Mehrzahl aller Studierenden der Wirtschaftsinformatik.

Die Bewältigung dieser inhaltlich, lehrmethodisch und organisatorisch sehr anspruchsvollen war kompliziert. Zur Unterstützung des an der FHTW zunächst nur mit minimaler Personalkapazität neu gegründeten Studienganges Wirtschaftsinformatik wurde deshalb unter anderem eine auf zwei Jahre befristete Beschäftigungs- und Qualifizierungsgesellschaft „Institut für Technische Weiterbildung Berlin BQG mbH“ gegründet, in der ein kleiner Teil ehemaliger Mitarbeiter der HfÖ beschäftigt wurde. Eine wesentliche Aufgabe innerhalb dieser Tätigkeit war die Unterstützung der Erarbeitung des ersten Curriculums Wirtschaftsinformatik der FHTW, welches im Juni 1992 verbindlich wurde. Dem Anspruch der Fachhochschulen auf eine praxisnahe Ausbildung kamen dabei die Erfahrungen der HfÖ mit einem praxisnahen Studium der Wirtschaftsinformatik sehr entgegen. Im Curriculum Wirtschaftsinformatik der FHTW heißt es dazu: „Auf der Grundlage einer fundierten theoretischen Ausbildung in den mathematischen, systemanalytischen u. a. Disziplinen und insbesondere in den Disziplinen der Kerninformatik hat die Ausbildung für konkrete betriebliche Anwendungssysteme ... einen hohen Stellenwert. Da die Wirtschaftsinformatik auf das betriebliche bzw. volkswirtschaftliche Anwendungsfeld bezogen wird, erfolgt eine starke Orientierung auf wirtschaftswissenschaftliche Lehrgebiete. Eine der Entwicklung der Informationstechnik und -technologien mindestens gleichwertige Voraussetzung für die Tätigkeit des Wirtschaftsinformatikers ist die Beherrschung von leistungsfähigen Instrumentarien der wirtschaftswissenschaftlichen Systemanalyse. ... Schließlich gehört zu einem anwendungsorientierten Studiengang, dass die Studenten befähigt werden, theoretisches Wissen auf praktische Probleme anzuwenden. ... Zu diesem Zweck hat ein fachspezifisches Berufspraktikum obligatorischer Bestandteil des Hauptstudiums zu sein.“ [9]

Das Grundstudium des neu konzipierten Studienganges Wirtschaftsinformatik umfasste 90 Semesterwochenstunden (SWS) und gliederte sich in folgende Teilgebiete:

- Wirtschaftswissenschaften (Rechnungswesen, Betriebswirtschaftslehre, Volkswirtschaftslehre, Wirtschaftsrecht) – 30 SWS,
- DV-Methoden (Grundlagen der Informatik, Systems Engineering, Programmierung, Datenbanken, Software Engineering, Rechnerarchitektur/Betriebssysteme, Daten- und Rechnernetze) – 38 SWS,
- Quantitative Methoden (Mathematik, Statistik) – 12 SWS,
- Wirtschaftssprachen – 6 SWS,
- Ergänzungsfächer – 4 SWS.

Das Hauptstudium umfasste 86 SWS und gliederte sich in:

- Wirtschaftsinformatik (Informations- und DV-Management, Case, wahlobligatorische Vertiefung) – 18-22 SWS,
- Informatik (Programmierung, Künstliche Intelligenz, Dialogdesign, wahlobligatorische Vertiefung) – 14-18 SWS,
- Informatik in speziellen BWL und Vertiefung Wirtschaftswissenschaften (Betriebliche Anwendungen, Unternehmensführung, Rechtsfragen der DV, Vertiefungsfach) – 26 SWS,
- Quantitative Methoden (Mathematische Statistik, Kybernetik/Operations Research, Numerische Mathematik, Vertiefungsfach) – 10-14 SWS,
- Wirtschaftssprachen – 2 SWS,
- Praxisbegleitende Fächer – 6 SWS,
- Diplomseminar – 2 SWS.

Die Ähnlichkeit der HfÖ- und FHTW-Curricula Wirtschaftsinformatik, bei allerdings deutlich verringerten Gewichtung der den quantitativen Methoden zugerechneten Studienfächer, erleichterte den Studienwechsel der ehemaligen HfÖ-Studenten an die FHTW. Sie ist aber zugleich Ausdruck des vergleichbaren Niveaus der Wirtschaftsinformatikausbildung an der HfÖ mit dem gesamtdeutschen Hochschulwesen. Aufbauend auf diesen Grundlagen wurden Erfahrungen der Wirtschaftsinformatikausbildung an der HfÖ auch in andere Hochschulen (vorwiegend an der HTW Dresden und weiteren Fachhochschulen, aber auch an ausländischen Universitäten) sowie in den Arbeitskreis Wirtschaftsinformatik an Fachhochschulen eingebracht.

3 Literatur und Internetquellen

- [1] WIKIPEDIA (2010): ZRA 1. http://de.wikipedia.org/wiki/ZRA_1.
- [2] FRÖHLICH, S. (Hrsg.) (1969): Operationsforschung in der sozialistischen Betriebswirtschaft. *Leipzig: KMU*.
- [3] AUTORENKOLLEKTIV. (1970): Mathematik und Wirtschaft. *Band 7. Berlin: Verlag Die Wirtschaft*.
- [4] ZSCHOCKELT, P. (1989): Logisches Datenaustauschformat auf der Grundlage des relationalen Datenmodells. *Wissenschaftliche Zeitschrift der HfÖ 34 (1)*, S. 31-35.
- [5] KURTH, R. (2010): Willkommen in der Welt historischer Computer. <http://www.robotrontechnik.de/index.htm?/html/standorte/hfoe.htm>.
- [6] Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Ökonomie (1989). *34. Jahrgang, Heft 1. Berlin: HfÖ*.

- [7] Vorläufige Studienordnung für den Studiengang Wirtschaftsinformatik. (1990). *Berlin: HfÖ.*
- [8] Senatsvorlage Nr. 277/91. *SenWissForsch II D 1 vom 2. Mai 1991, S. 7. Berlin: Senat für Wissenschaft und Forschung.*
- [9] WIRTSCHAFTSINFORMATIK (1992): Studiengang Wirtschaftsinformatik an der Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin. *Berlin: FHTW.*
- [10] WIKIPEDIA (2010): Hochschule für Ökonomie Berlin. http://de.wikipedia.org/wiki/Hochschule_für_Ökonomie_Berlin.

Die zitierten Internetquellen wurden zuletzt am 24. 08. 2010 aufgerufen.

Industriennahe Informatik-Forschung in der DDR

Chancen und Risiken für die Erben

ALFRED IWAINSKY

iwainsky@gfai.de

Im Zusammenhang mit der Forcierung industriennahe Forschung entwickelten sich im Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse (ZKI) der 80er Jahre unter Leitung des Autors drei Arbeitsschwerpunkte mit ganz verschiedenen Charakteristika. Der Beitrag zeigt, welche Bedeutung diese Arbeiten für die Industrie der DDR hatten und welche Rolle sie ab 1990 in der neuen deutschen Forschungslandschaft unter marktwirtschaftlichen Bedingungen spielten.

1 Aufbruch zu industriennahe Informatik-Forschung

Dem Autor war es vergönnt, die Mathematik-Spezialklasse der Erweiterten Oberschule „Heinrich Hertz“ in Berlin-Adlershof besuchen zu können, also eine Schule, die nicht ins Klischee des „gleichmacherischen“ Bildungssystems der DDR passte. Es folgte ein Physikstudium an der Humboldt-Universität zu Berlin, das in der Endphase durch die Wahl theoretischer Festkörperphysik als Spezialisierungsrichtung auch wieder von Mathematik dominiert wurde. Daran schloss sich ein knappes Jahrzehnt wissenschaftliche Arbeit in der Kosmosforschung der Akademie der Wissenschaften (AdW) an, und zwar in der tatsächlich so genannten Abteilung „Theorie“. Bei solch einer Vorprägung war es für den Autor ein durchaus riskanter Schritt, als er Anfang 1979 das Angebot des damaligen Direktors des Zentralinstituts für Kybernetik und Informationsprozesse (ZKI) der AdW (Prof. Dr. Volker Kempe) annahm, in diesem Institut einen Bereich aufzubauen, der sich aktuellen Herausforderungen der DDR-Industrie mit Informatik-Relevanz widmen sollte (Abbildung 1). Es war nicht nur ein persönlicher Aufbruch, vielmehr befand sich das ganze ZKI nach Übernahme der Leitung durch Prof. Kempe in einer Phase verstärkter Fokussierung auf anspruchsvolle Probleme der Praxis. Der damals am ZKI herrschende Geist wird durch einen besonderen Vorgang exemplarisch verdeutlicht, der den Beginn der Tätigkeit des Autors am ZKI prägte: Dieser wurde für neun Monate in den VEB Geräte- und Reglerwerk Teltow (GRW) delegiert, wo er u. a. Prof. Peter Neumann kennenlernte. Ziel der Delegierung war die Sondierung konkreter Kooperationsmöglichkeiten zwischen dem ZKI und dem gesamten Kombinat, zu dem das GRW gehörte. Ein Leben lang unvergessliches

Beiwerk: Die werktägliche Anfahrt im Morgengrauen mit dem „Sputnik“ und der gut gefüllte, mit laufendem Motor vor sich hin stinkende, auf Anschluss wartende Ikarus-Bus am Bahnhof Genshagener Heide.



Abbildung 1: Der Haupteingang ins ZKI, in dem in den 80er Jahren industriennahe Informatik-Forschung forciert und gepflegt wurde

Drei Kooperationen des ZKI mit dem VEB Kombinat Automatisierungsanlagenbau zu drei verschiedenen thematischen Schwerpunkten gingen aus der Delegation der beiden Akademiker in die industrielle Praxis hervor:

- Entwicklung eines Computergrafiksystems für Leitstände von Automatisierungsanlagen mit quasigrafischen Displays und zum interaktiven Entwurf entsprechender Warten-Grafiken (DOGRAD/GENOGRAD, [1]).
- Automatisierung der grafischen Dokumentation industrieller Steuerungsprozesse [2, 3]
- Optimierung des Layouts dezentralisierter Automatisierungsanlagen [4, 5]

Die Arbeiten zur ersten Thematik führten zwar zu Ergebnissen, die in das erste mikrorechnergestützte Automatisierungssystem der DDR (audatec) eingingen [1], letztlich blieben sie in ihrer Bedeutung aber auf die DDR und damit eine recht begrenzte Zeitspanne beschränkt.

Die anderen beiden Themen hingegen haben bis heute Aktivitäten des Autors und seines Umfeldes geprägt. Deshalb soll auf sie im folgenden Abschnitt zurückgekommen werden.

Mitte der 80er Jahre wurde eine weitere Herausforderung aus der industriellen Praxis an das ZKI herangetragen. Sie war wesentlich brisanter als die oben aufgeführten. Für die entsprechenden Arbeiten galt der ironisierende

Imperativ „*Erreicht internationalen Spitzenstand – koste es, was es wolle!*“
Auch hierauf wird im nächsten Abschnitt genauer eingegangen.

2 Drei Beispiele für industrielle Auftragsforschung im ZKI

2.1 Automatisierte grafische Dokumentation industrieller Steuerungsprozesse

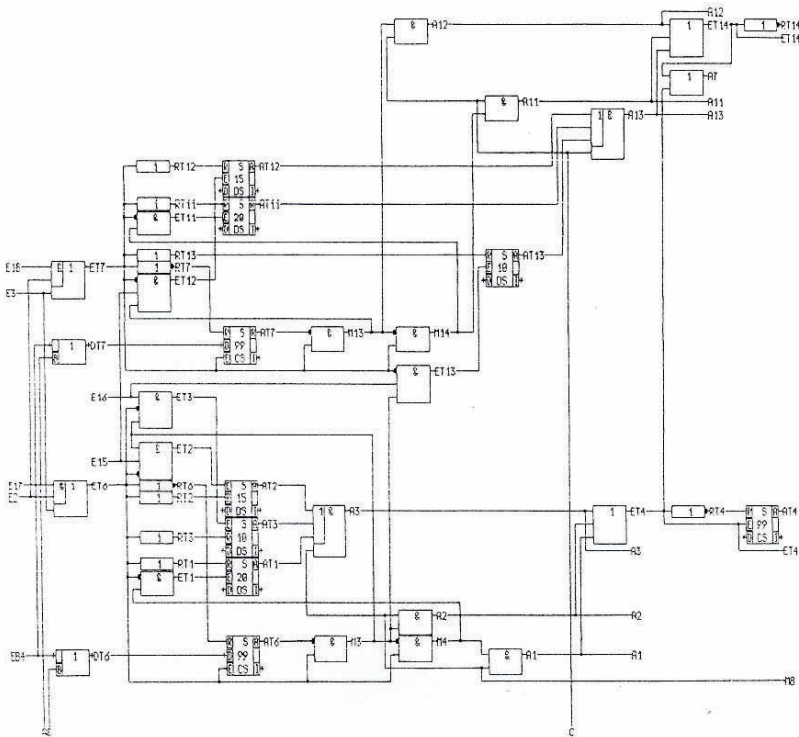
Bereits während der Delegierung des Autors (und später eines neuen Mitarbeiters) in das GRW begannen die Arbeiten zu Computergrafik für Warten von Automatisierungsanlagen. Dabei spielten sogenannte technologische Schemata eine herausragende Rolle. Die Delegierten aus dem ZKI lernten darüber hinaus weitere Arten abstrakter grafischer Darstellungen kennen, die im Automatisierungsanlagenbau eine große Rolle spielen. Obwohl diese Arten große Unterschiede aufweisen, konnten einige Gemeinsamkeiten identifiziert werden, die für die Entwicklung eines ganzen Arbeitsfeldes im neuen ZKI-Bereich des Autors und über die Existenz dieses Bereiches hinaus eine fundamentale Rolle spielen. Der Informationsgehalt dieser Grafiken besteht im wesentlichen in folgendem [6]: Er ergibt sich einerseits durch die Auswahl von Elementen aus einem fachspezifischen, entsprechenden Konventionen unterliegenden Vorrat von Symbolen und Sinnbildern. Andererseits werden Beziehungen zwischen diesen Bestandteilen der Grafik vorrangig durch Verbindungslinien zwischen ihnen (bzw. festen Anschlussstellen an den Symbolen und Sinnbildern) zum Ausdruck gebracht (siehe als Beispiel Abbildung 2).

Für Schemata mit diesen Charakteristika wurde später vom Autor und seinem Umfeld der Begriff der *netzartigen Schemata* geprägt. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel solcher Schemata. In der ersten Hälfte der 80er Jahre ahnte wohl niemand, dass derartige Computergrafiken auch ein Viertelhundert später unter ganz anderen gesellschaftlichen Rahmenbedingungen weiterhin Forschungsgegenstand angewandter Informatik sein würden.

Wo genau in einem netzartigen Schema ein Symbol angeordnet ist und wie im Detail eine Verbindungslinie geführt wird, ist für den Informationsgehalt des Schemas unerheblich¹. Daraus resultiert eine Erkenntnis, die für die Erzeugung netzartiger Schemata große praktische Bedeutung hat: Wenn man solche Schemata mit einem konventionellen Computergrafik-System interaktiv entwirft, hat man ständig Details festzulegen, die eigentlich weitgehend irrelevant sind. Man platziert ein Symbol an einer ganz bestimmten Stelle und zieht eine (die Richtung mehrfach wechselnde) Verbindungslinie *i.* allgemein mit

¹ Dies gilt analog zu (mathematischen) Graphen: Ein- und derselbe Graph kann durch unendlich viele grafische Darstellungen repräsentiert werden.

relativ hohem Aufwand. Das am Ende des Entwurfsprozesses erreichte Ergebnis ist meist schon auf den ersten Blick verbesserungswürdig. Also alles noch einmal? Nein, keine Zeit!



*Abbildung 2: Beispiel für ein netzartiges Schema,
Ausschnitt aus einem Logikplan*

Wäre es nicht möglich, netzartige Schemata automatisch aus nicht grafischen Beschreibungen ihres eigentlichen Informationsgehaltes zu generieren? Diese Frage klingt zunächst rein akademisch, zumal sich sofort die Frage anschließt, wie denn solche „nicht grafischen Beschreibungen“ aussehen könnten. Eine Antwort auf die zweite Frage kam aus der Praxis: Es wurde ein Auftrag zur Entwicklung von Algorithmen und eines entsprechenden Software-Systems erteilt, mit dessen Hilfe netzartige Schemata einer bestimmten Art, nämlich Logikpläne, aus nicht grafischen Beschreibungen, nämlich Texten einer Fachsprache zur Beschreibung industrieller Steuerungen, generiert werden können (siehe kleines fiktives Beispiel in Abbildung 3). Welch eine großartige Aufgabe hier Anfang der 80er Jahre für Informatiker am ZKI gestellt wurde, ließ sich schon damals erkennen:

- Es handelte sich um eine große wissenschaftliche Herausforderung, deren Bewältigung auch im internationalen Maßstab einen Spitzenstand darstellen würde.
- Man benötigte für die Lösung der Aufgabe keine besonderen, in der DDR nicht oder nur eingeschränkt verfügbaren technischen Mittel, vor allem keine hochauflösenden Rasterdisplays (die weiter unten in diesem Beitrag eine wichtige Rolle spielen werden).
- Bei Erfolg war der Transfer der Ergebnisse in die Industrie so gut wie sicher.
- Die Thematik bot ein enormes Potenzial für weitere FuE-Arbeiten (auch 26 Jahre später wird im Umfeld des Autors an ähnlichen Problemen gearbeitet).

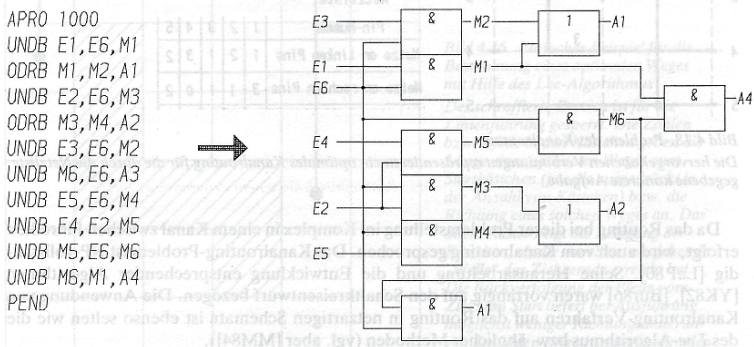


Abbildung 3: Darstellung der automatischen Generierung von Logikplänen aus Texten einer Fachsprache an einem einfachen fiktiven Beispiel

Die Bearbeitung des Auftrages wurde ein Erfolg: Es konnte ein System entwickelt werden, mit dessen Hilfe sich grafische Dokumentationen von industriellen Steuerungsprozessen *vollautomatisch* in Form von Logikplänen generieren ließen. Abbildung 2 zeigt einen Ausschnitt aus einem Beispiel eines so erzeugten Logikplans [6]. Mit dem innovativen Verfahren und der entsprechenden Software erzielte Effekte in der Praxis sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Für den noch jungen Bereich im ZKI waren der Auftrag und seine erfolgreiche Bearbeitung von hohem wissenschaftlichem Wert. Da die Arbeiten keiner Geheimhaltung unterlagen, durfte zur Thematik publiziert werden. Der weltoffenen Sicht des damaligen Institutsdirektors waren durch staatliche Vorgaben diesbezüglich praktisch keine Grenzen gesetzt. Dadurch wurde es möglich, auch jenseits des „Eisernen Vorhangs“ zu veröffentlichen [2, 3].

Das Projekt „Logikplan“ wurde in der Folgezeit ein „Parade-Beispiel“ für Chancen eines neuen Forschungsfeldes im ZKI, das wir dann kurz *Computer-Aided Schematics* nannten. Es handelte sich um ein Feld, das aus o. g. Gründen geradezu ideal für die Informatik-Forschung in der DDR war. Die Kehrseite der Medaille: Die Ergebnisse der automatischen Grafik-Generierung waren „graue Mäuse“ (siehe nochmals z. B. Abbildung 2). Zur gleichen Zeit entstand im Fachgebiet Computergrafik die Radiosity Methode, mit deren Hilfe erstmals großflächige Lichtquellen und diffuse Reflektion realitätsnah in 3D-Modellen (z. B. von Walzstraßen mit rotglühenden Blechen) wiedergegeben werden konnten [8]. Das war imposant! Unsere neuen Entwicklungen hingegen konnten nur methodisch glänzen. – Aber bei der Beschränkung auf netzartige Schemata blieb es nicht. Wir bekamen, worauf wir geschickt hatten: Ein Projekt mit Bezug zu 3D-Computergrafik, mit einer Brisanz, die wir zunächst nicht ahnten.

Tabelle 1: Konkrete Angaben zu erzielten Ergebnissen bei der Dokumentation industrieller Steuerungsprozesse in der Praxis [7]

Aspekte der Anwendung des innovativen Verfahrens aus dem ZKI	Angaben aus der Praxis (vom Auftraggeber)
Automatisierungsgrad	Vollautomatisierung (alle Logikpläne wurden im closed-shop generiert)
Akzeptanz der Ergebnisse	Es wurden keinerlei Änderungen interaktiv vorgenommen.
Konformität zwischen Dokument und Dokumentiertem	Die vollautomatisch generierten Logikpläne sind ein 1:1-Abbild der Programmtexte. Viele Programmfehler wurden in den Logikplänen entdeckt. Bei manuellen Dokumentationsprozessen waren vorher des öfteren Programmfehler im Logikplan irgendwie beseitigt worden.
Umfang der Dokumentationen, auf denen obige Angaben beruhen	Einige Tausend DIN A3 Seiten mit Logikplänen

2.2 CAD/CAM für den Bau von Werkzeugmaschinen auf Basis einer feature-orientierten 3D-Modellierung

Auf der Ausstellung CAD 82 in Brighton dominierten noch Vektordisplays, zwei Jahre später fand man auf der CAD 84 kaum noch eins. Hochauflösende Rasterdisplays hatten den Technologie-Wettlauf eindeutig gewonnen. 3D-Computergrafik profitierte davon. Endlich konnte man im relativ breiten Maßstab rechnerinterne 3D-Modelle anschaulich darstellen. Dies hatte Folgen am Markt: 3D-fähige CAD-Systeme wurden entwickelt und angeboten. In der DDR gab es nicht nur in Fachkreisen, sondern auch in einer breiteren Öffentlichkeit rege Diskussionen zum praktischen Sinn dieser Technik, an der sich

der Autor mit einer ganzen Reihe auch populärwissenschaftlicher Publikationen beteiligte (siehe z. B. [9]). Ernst wurde es, als unter Einbeziehung von Wissenschaftlern des ZKI eine moderne CAD/CAM-Lösung für den VEB Werkzeugmaschinenkombinat „7. Oktober“ entwickelt werden sollte. Die ersten Arbeiten hierzu betrafen die Ableitung anschaulicher 3D-Computergrafiken mit schattierten Oberflächen aus rechnerinternen 3D-Modellen. Diese Thematik war am Anfang recht faszinierend. Etwas übertrieben gesagt, konnte man den Ablauf der implementierten Programme noch sehen. Ganz langsam wurden 3D-Grafiken mit wenig Details und geringer Auflösung Zeile für Zeile generiert. Ein typisches Ergebnis zeigt Abbildung 4. Ein Blick über den „Eisernen Vorhang“ war niederschmetternd. Ein Mitglied der ZKI-Leitung meinte damals sinngemäß: Was wir hier entwickeln, gibt's drüben auf dem Trödelmarkt. Die Chancenlosigkeit gegenüber dem Stand der Computergrafik in den USA war unverkennbar. Dies betraf aber nicht nur die Verfahrens-, Algorithmen- und Software-Entwicklung, sondern auch die Hardware. Die Computer-Industrie der DDR konnte keine hochauflösenden Rasterdisplays anbieten, ein Mangel, der sich in der Qualität von 3D-Grafiken äußerst negativ bemerkbar machte.

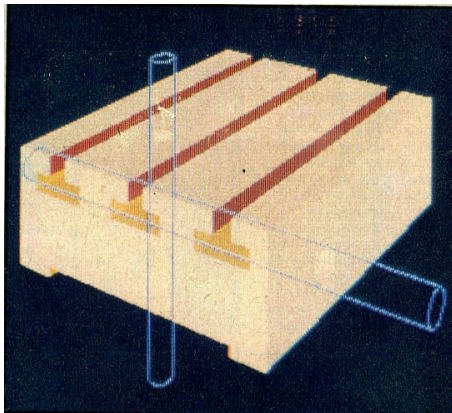


Abbildung 4: Mit neuer Software aus dem ZKI visualisiertes einfaches 3D-Modell auf einem Display niedriger Auflösung (aus [9])

Die „Partei- und Staatsführung“ wollte aber praktisch um jeden Preis einige High-Tech-Lösungen zu CAD/CAM aufbauen. Auf Grund der hohen Bedeutung des Werkzeugmaschinenbaus der DDR für den Export bot es sich an, das o. g. Vorhaben für den VEB Werkzeugmaschinenkombinat „7. Oktober“ weiter zu forcieren. Technologische Lücken auf Seiten der DDR und ihrer Partner im Rat für gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW) wurden durch „West-Importe“ geschlossen. Die eigenen Arbeiten im vom Autor geleiteten Bereich

des ZKI zur Visualisierung von 3D-Modellen verloren ihren Sinn und wurden eingestellt. Es folgten Algorithmen- und Software-Entwicklungen zu anwendungsspezifischen Funktionen für die Konstruktion von Blechbiegeteilen (für die Gehäuse von Werkzeugmaschinen), z. B. zur

- automatischen Abwicklung solcher Teile,
- Schaffung der technischen Grundlagen für eine feature-orientierte Konstruktion (u. a. Aufbau einer Datenbasis mit fertigungsbezogenen Features),
- Herstellung einer durchgängigen Verbindung von CAD zu CAM (insbesondere zum Laser-Schneiden),
- automatisierten Bemaßung von Werkstattzeichnungen zu Blechteilen.

Das Ergebnis des Projektes war ein extrem teurer internationaler Spitzenstand, für den es im Kollektiv einen Nationalpreis gab – wenige Tage vor dem Fall der Berliner Mauer.

2.3 Wissenschaftliche Herausforderungen durch räumliche Dezentralisierung von Automatisierungsanlagen

Im Zusammenhang mit der Entwicklung des ersten mikrorechnergestützten Automatisierungssystems der DDR (andatec) war der Begriff *Dezentralisierung* damals in Fachkreisen weit verbreitet. Die von großen Prozessrechnern dominierten Zentralen von Automatisierungsanlagen in umfangreichen, klimatisierten Räumen konnten aufgebrochen werden. Viele miniaturisierte Anlagenkomponenten ließen sich nun dezentral platzieren, sie zogen ins Anlagenfeld. Die bisher sternförmige Verkabelungsstruktur musste durch eine neue abgelöst werden. In diesem Zusammenhang wurden pauschale Abschätzungen zu Einsparungspotenzialen berechnet [10]. Wie aber sollte eine „dezentrale Struktur“ genau aussehen? Welche Verkabelungseinsparungen ergeben sich bei einer konkreten Industrieanlage wirklich? Welche Netzwerk-Struktur und welche Kabelführungen sind dort optimal? Wie kann man das Optimum berechnen? Wie berücksichtigt man die vielfältigen Restriktionen für die Verkabelung und die Platzierung von Automatisierungskomponenten, die auf einem Werkgelände mit seinen Bauwerken und Infrastrukturobjekten wie Rohrleitungsbrücken bestehen? Bei den pauschalen Abschätzungen war man von Verkabelungsmöglichkeiten auf einer freien „grünen Wiese“ ausgegangen, also von einer völlig unrealistischen Modellvorstellung.

Die drängenden offenen Fragen führten schließlich zu einem Auftrag seitens des VEB Elektroprojekt und Anlagenbau (EAB) an das ZKI. Die im Bereich des Autors durchgeführten entsprechenden Forschungsarbeiten lassen sich folgendermaßen charakterisieren:

- Sie waren zu Recht als „G-Projekt“ deklariert. Es handelte sich um angewandte Grundlagenforschung im Rahmen intensiver Kooperation mit dem Praxispartner EAB.
- Im Hauptergebnis entstand eine weltweit neuartige Methode, bei der verschiedene Alternativen möglicher Netzwerkstrukturen in einen Graphen eingebettet werden, der Möglichkeiten für die Platzierung von Komponenten und das Routing von Kabelverbindungen repräsentiert und quantitativ bewertet (Abbildung 5 aus [4]). In diesem Zusammenhang wurde der Begriff der „potenziellen Trassen“ geprägt.
- Zu dieser Modellbildung konnte eine neue Optimierungsaufgabe formuliert werden [4, 5, 11], die aber auf Grund ihrer hohen mathematischen Komplexität nicht mit vertretbarem Aufwand lösbar ist. Als Ersatz wurden verschiedene heuristische Lösungsalgorithmen entwickelt, darunter auch solche, die auf *Simulated Annealing* beruhen [12].
- Für die auf ZKI-Seite beteiligten Wissenschaftler brachte das Projekt persönliche Erfolge: Es entstand eine Promotion A und drei Promotionen B, eine davon [4] in englischer Sprache, um die anschließende Veröffentlichung von Forschungsergebnissen im internationalen Rahmen zu erleichtern [11, 12].
- Auf dieser Basis entstand das Programmsystem NETOPT [12], das für wissenschaftlich-technische Untersuchungen, nicht aber zur Unterstützung der Routine-Arbeit in der Projektierung geeignet war. Für Letzteres wären ein interaktives grafisches Benutzer-Interface und ein leistungsfähiges Datenbankverwaltungssystem notwendig gewesen. Beides war damals in der DDR nicht ohne weiteres verfügbar, Neuentwicklungen hätten den Rahmen des Projektes gesprengt.
- Wenn der Kooperationspartner auch kein praxisreifes Programmsystem erhielt, so war doch der Erkenntnisgewinn auch für ihn hoch. Außerdem konnte und kann die entwickelte Methode auch ganz ohne Computertechnik auf Probleme der Netzwerk-Planung angewendet werden. Dafür ist von höchster Bedeutung, dass ausschließlich *Möglichkeiten* für Platzierung und Routing modelliert werden. Dies sichert, dass stets im Optimierungssinn *zulässige* und damit praktisch umsetzbare Lösungen gefunden werden. Bei einer grundsätzlich anderen Vorgehensweise werden Restriktionen in Form dreidimensionaler verbotener Zonen modelliert [13]. Wer dies falsch bzw. unvollständig vornimmt, erhält meist *unzulässige*, für die Praxis untaugliche Lösungen.

Es sollte noch fast ein Jahrzehnt dauern, bis die hier erläuterten Hürden beim Transfer in die Praxis in damals natürlich nicht geplanter Weise überwunden waren.

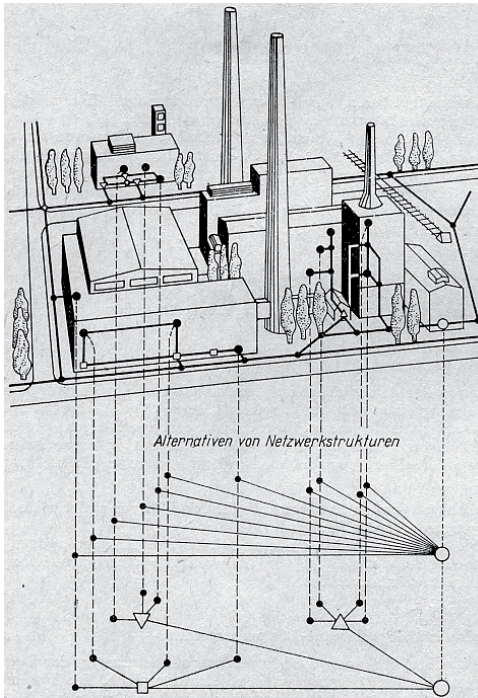


Abbildung 5: Andeutung einer Optimierungsaufgabe, die in der Suche nach derjenigen Alternative aus einer Menge von „Strukturgraphen“ besteht, die bei der besten Einbettung in einen „Umgebungsgraphen“ die niedrigsten Gesamtkosten ergibt.

3 Abwicklung, Gründung, Aufbau

Als am 31. Oktober 1989 der VII. *Bilaterale Workshop GDR-Italy with International Participation* auf der Grundlage des Kooperationsabkommens zwischen der AdW der DDR und dem CNR Italiens begann, ahnte wahrscheinlich kaum jemand, dass er der Letzte sein würde. Am darauffolgenden Samstag, am 4. November, sah dies schon ganz anders aus. Bei der Berliner Großdemonstration liefen italienische Workshop-Teilnehmer mit und staunten über die „preußische“ Disziplin. Kurz nach dem Fall der Mauer am 9. November erhielt der Autor ein Telegramm (so etwas gab es damals noch!) aus Rom mit dem Satz „What a Day for Europe!“

Im ZKI breitete sich Verunsicherung aus. Es wurde viel diskutiert und wenig gearbeitet. Ein Industriepartner nach dem anderen kündigte seine Verträge mit dem Zentralinstitut. Die Zukunft wurde für die Wirtschaft so ungewiss,

dass man für die Forschung keine Perspektiven mehr sah. Viele Mitarbeiter des ZKI suchten und fanden woanders neue Betätigungsfelder. In dieser Umbruchsituation, noch vor Beginn von Evaluation und Abwicklung wurde am 1. Juni 1990 von etwa 70 Personen in den Räumen des ZKI die *Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V. (GFaI)* gegründet und der Autor zum Vorstandsvorsitzenden gewählt. Dies war weder die erste, noch die letzte Ausgründung. Die einzelnen Bereiche des noch bestehenden ZKI erhielten einen höheren Grad an Selbstständigkeit und benannten sich um. Die entsprechende Namensgebung für den Bereich des Autors fand in einem demokratischen Prozess statt, in dem eine recht große Zahl von Wissenschaftlern ihre Ansprüche stellten. Im Ergebnis entstand das Wortungetüm *Institut für Informatik in Entwurf und Fertigung zu Berlin*.

Am 20. November 1990 kam es zu einem denkwürdigen Treffen zwischen dem damaligen Präsidenten der *Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF)*, Herrn Prof. Schiele und dem Vorstandsvorsitzenden der GFaI in den Räumen des ZKI. Die Abwicklung des ZKI stand schon fest, und auf die Frage des Vorstandsvorsitzenden an den Präsidenten, ob es nicht in der AiF eine Perspektive für anwendungsorientierte Teams seines Bereiches/Instituts geben könnte, antwortete Letzterer, die AiF habe ja gar keine eigenen Institute, sie sein nur eine Dachorganisation. Nach kurzem Zögern meinte Prof. Schiele dann, die GFaI könnte ja versuchen, Mitglied der AiF zu werden, worauf er dem Vorstandsvorsitzenden eine Liste mit den Aufnahmebedingungen überreichte. Was zunächst etwas brüsk erschien, war durchaus ein faires Angebot. Der Vorstandsvorsitzende der GFaI nahm es an und „putzte Klinken“, um die Bedingung zu erfüllen, die die größte Hürde darstellte: Die GFaI, ein gerade ein halbes Jahr alter, weitgehend unbekannter Verein ohne Angestellte, musste auch institutionelle Mitglieder, insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen vorweisen können. Die Gewinnung solcher Mitglieder war damals ein fast aussichtsloses Unterfangen. Es war die in der Vergangenheit erreichte Industrienähe der Forschung in seinem Bereich des ZKI, die dem Vorstandsvorsitzenden die Überzeugung gab, der Weg in Richtung AiF sei der richtige. Das Vorhaben gelang: Auf ihrer Jahresveranstaltung am 4./5. Juni 1991 unter dem Motto „Industrielle Gemeinschaftsforschung – eine Stütze der Sozialen Marktwirtschaft auch in den neuen Bundesländern und in Osteuropa“ nahm die AiF die GFaI als Mitglied auf. Die Situation änderte sich damit für die GFaI schlagartig: Einer Projektförderung in der GFaI stand nichts mehr im Wege, es gab sogar einen „Ost-Bonus“. Die GFaI erhielt die Zuständigkeit für die Initiierung von FuE-Projekten zu angewandter Informatik im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung der AiF. FuE-Projekte wurden geplant, Fördermittel beantragt und bewilligt. Auf dieser Basis konnten Arbeitsplätze geschaffen werden. Im Oktober 1991 nahm der erste Geschäftsführer der GFaI, Herr *Dr. Hagen Tiedtke*, seine Tätigkeit auf.

Die GFaI wuchs schnell, 2,5 Jahre nach Erlangen der Mitgliedschaft in der AiF hatte sie bereits 74 Angestellte. Auch im Umfeld der GFaI herrschte Aufbruchstimmung. Weitere kleine Unternehmen wurden gegründet, die als institutionelle Mitglieder in der GFaI einen Kooperationspartner oder zumindest eine Informationsdrehscheibe suchten. Zu ihnen gehörte auch eine Neugründung, die Forschungsrichtungen und den langen Namen des Instituts übernahm, das in der Endphase des ZKI aus dem Bereich des Autors gebildet wurde. Etwa 10 Jahre konnten hier Arbeiten weitergeführt werden, deren Anfänge im ZKI lagen (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Beispiele für Arbeitsschwerpunkte des Instituts für Informatik in Entwurf und Fertigung zu Berlin GmbH, die auf industriennahe Forschung in den 80er Jahren im ZKI zurückgingen

Auf Arbeiten im ZKI zurückgehende Forschungsrichtungen	Art der Fortführung im Institut für Informatik in Entwurf und Fertigung zu Berlin GmbH in den 90er Jahren	Bewertung der damaligen Bedeutung und Nachhaltigkeit dieser Arbeiten
<p>CAD/CAM auf Basis von 3D-Modellierung und 3D-Computergrafik</p> <p>Bezug zu Arbeiten im ZKI: CAD/CAM-Lösung für Blechbiegeteile von Werkzeugmaschinen (s. Abschn. 2.2)</p>	<p>Fortsetzung von FuE-Arbeiten im Auftrag der Berliner Werkzeugmaschinen-Industrie (u. a. mit von dort übernommenem Personal)</p> <p>Ausdehnung der Aktivitäten weit über CAD/CAM für Blechbiegeteile hinaus, z. B. Einbeziehung von FEM-Berechnungen als Auftragsdienstleistungen für Bosch-Siemens-Hausgeräte</p>	<p>Durch schrittweisen Zusammenbruch dieser Industrie nur zeitlich eng begrenzte Bedeutung, keine Nachhaltigkeit erreicht.</p> <p>Auf Grund der Auftragslage erforderlich. Bei kurzfristig zu erbringenden Dienstleistungen zunehmender Wettbewerb (über den Preis) seitens des Hochschulbereiches, schließlich aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr haltbar.</p>
<p>Computer Aided Network Facilities Management (CANFM)</p> <p>Bezug zu Arbeiten im ZKI: Entwurf (Optimierung) von Kabelnetzwerken (siehe Abschnitt 2.3)</p>	<p>Entwicklung des Software-Produktes InfoCABLE® (1995 Version 1) zur Planung, Verwaltung und Dokumentation von Kommunikationsnetzen zunächst in enger Kooperation mit der Deutschen Fernkabel-Gesellschaft (DFKG).</p> <p>Später Aufbau eines zugehörigen Geschäftsfeldes für Dienstleistungen zur Datenersterfassung.</p> <p>Entwicklung der Einbettung von Verkehrswege-Graphen in 3D-Gebäudemodelle [14] in gewisser Analogie zu der in Abbildung 5 dargestellten Einbettung eines Graphen in ein Werksgelände (Kooperation mit der GFaI)</p>	<p>Hohe Wirtschaftliche Bedeutung, das Unternehmen konzentriert sich zunehmend auf CANFM.</p> <p>Vorübergehend gut angenommen.</p> <p>Hat weitere Forschungsarbeiten zu Fragen der Sicherheit in Gebäuden (Stichwort Escape Routing) beeinflusst, bisher aber keine Implementation in kommerziellem System.</p>

Im März 2001 brachen weltweit die Kurse vor allem von Unternehmen der IT-Branche ein. Dies hatte für Neugründungen im Umfeld des ZKI und später der GFaI gravierende Folgen. Einseitig angelegte Geschäftsfelder, Fehleinschätzungen ihrer wirtschaftlichen Bedeutung, problematische Abhängigkeiten, Unterkapitalisierung und andere Faktoren führten zu einer Welle von Insolvenzen. Die GFaI jedoch überstand diese Krise.

4 20 Jahre Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik

Die Thematik *Computer Aided Schematics* (siehe Abschnitt 2.1) hat schon in der Anfangsphase der Entwicklung der GFaI dort eine neue Heimat erhalten, und zwar zunächst auf der finanziellen Grundlage mehrerer vom BMBF geförderter FuE-Projekte. Unter Leitung von *Dr. Matthias Pleßow* entstand in der GFaI ein leistungsfähiger Forschungsbereich, der seine Aktivitäten schrittweise über den computerbasierten Entwurf netzartiger Schemata hinaus auf andere vernetzte Objekte wie Schaltschränke und Versorgungsnetze für industrielle Prozessenergie ausdehnte. Dieser Forschungsbereich mit der Bezeichnung „Graphische Ingenieursysteme“ hat inzwischen weit mehr Mitarbeiter als das „Vorgänger“-Team im ZKI.

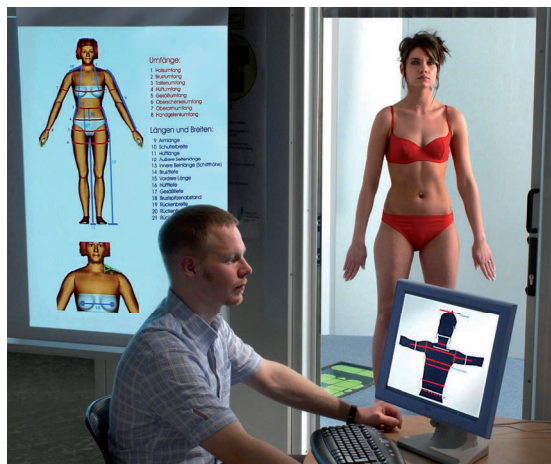


Abbildung 6: Automatisierte Vermessung des menschlichen Körpers zur industriellen Herstellung individuell zugeschnittener Kleidung, Foto: dpa / Thieme

Auch zu 3D-Datenverarbeitung wurde in der GFaI ein neuer Forschungsbereich aufgebaut (unter Leitung von *Dipl.-Ing. Lothar Paul*). Am Anfang stand angesichts des hohen internationalen Standes auf diesem Gebiet die Frage, wo hier noch eine Nische zu besetzen war. Die Hypothese: Auf dem Gebiet der

3D-Modellierung realer, komplex geformter Körper durch deren schnelle automatische Vermessung. Die Hypothese erwies sich als tragfähig. Ein besonderer Erfolg des Bereiches war die Entwicklung einer CAD/CAM-Lösung für Zahnprothetik in Kooperation mit der etkon AG, die von der Praxis hervorragend angenommen wurde. Auch eine Kabine zur Vermessung des menschlichen Körpers (Abbildung 6) erhielt viel Beifall von der Fachwelt und einer breiteren Öffentlichkeit. Ein besonderer Ausweis der hohen Anerkennung des Bereiches 3D-Datenverarbeitung ist die Workshop-Serie 3D-NordOst, die seit 1997 jährlich in den Räumlichkeiten der GFaI mit wachsender Teilnehmerzahl durchgeführt wird (siehe z. B. [15]).

Die Arbeiten zu CANFM (siehe Abschnitt 3) wurden ab Anfang des Jahrhunderts unter Leitung von *Dipl.-Math. Sivia Nitz* im GFaI-Forschungsbereich Computer Aided Facility Management (CAFM) kontinuierlich fortgeführt. Ein herausragendes Ergebnis am Markt: Seit 1997 nutzt die Deutsche Flugsicherung (DFS) das System InfoCABLE® (siehe z. B. [16]) und erteilt kundenspezifische Aufträge.

Hier wurden nur diejenigen Forschungsbereiche der GFaI besonders hervorgehoben, die einen fachlichen Bezug zu den drei in Abschnitt 2 angesprochenen Arbeitsschwerpunkten des ZKI haben. Die GFaI ist aber viel breiter aufgestellt. Gemeinsam mit anderen aktuellen Angaben finden sich die wichtigsten Forschungsschwerpunkte in Tabelle 3.

Tabelle 3: Angaben zur GFaI im Jahr ihres 20. Gründungsjubiläums

Forschungsschwerpunkte	Weitere Angaben bzw. Charakteristica	
	Mitarbeiterzahl	etwa 100
	Anzahl der institutionellen Mitglieder	etwa 95
	Mitgliedschaften in anderen Vereinen	AiF, VIU, TKA u. a.
	An-Institut	der HTW Berlin und der Beuth Hochschule für Technik Berlin
	Finanzierung	Vorrangig über geförderte FuE-Projekte u. FuE-Aufträge. Keine Grundfinanzierung!
	Standort	Eigener Neubau in der Stadt für Wissenschaften, Wirtschaft und Medien Berlin-Adlershof
	Vorstandsvorsitzender	Prof. Dr. Alfred Iwainsky
	Geschäftsführer	Dr. Frank Weckend
	Stellv. Geschäftsführer	Dr. Hagen Tiedtke

Das 20. Gründungsjubiläum der GFaI konnte mit einem besonderen Ereignis verbunden werden. Die „Doppelfeier“ am 25. Juni 2010 galt auch dem Einzug der gesamten Belegschaft aus zwei räumlich getrennten Mietbereichen des WISTA in einen eigenen Neubau (Abbildung 7 und Abbildung 8).



Abbildung 7: Der Neubau der GFaI in Berlin-Adlershof (Volmerstraße 3), Fertigstellung kurz vor dem 20. Jahrestag der Gründung der GFaI



Abbildung 8: Der Bundesminister des Innern, Thomas de Maizière, Verantwortlicher für den Aufbau-Ost, bei der „Doppelfeier“ der GFaI am 25. Juni 2010

5 Literatur und Internetquellen

- [1] MEIBNER, A.; VIGERSKE, W.; IWAINSKY, A. & KAISER, D. (1984): GENOGRAD – ein Programmsystem für die interaktive Erzeugung abstrakter Schemata im System audatec®. *Impuls* 24, S. 69-74.
- [2] MAY, M.; IWAINSKY, A. & MENNECKE, P. (1983): Placement and Routing for Logic Schematics. *Computer-Aided Design* 15 (3), S. 115-122.
- [3] MAY, M. (1985): Computer-generated multi-row Schematics. *Computer-Aided Design* 17 (1), S. 25-29.
- [4] IWAINSKY, A. (1985): Computer-Aided Layout of Connection Structures in Industrial Sites. *Dissertation B zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Wissenschaften (Dr. sc. nat.)*. Berlin: Akademie der Wissenschaften der DDR.
- [5] IWAINSKY, A.; DÖRING, S.; RICHTER, P. & SCHIEMANGK, CH. (1986): Optimierung der räumlichen Anordnung von Automatisierungsanlagen. *msr* 29, S. 535-538.
- [6] IWAINSKY, A. (1990): Computergrafik in CAD/CAM-Prozessen. Berlin: Verlag Technik.

- [7] IWAINSKY, A.; KAISER, D. & MAY, M. (1987): Layout Problems in Computer-Aided Graphical Documentation. In: *Menga, G. & Kempe, V. (Hrsg.), Proceedings of the V. Bilateral Workshop GDR-Italy with International Participation. Berlin: Central Institute of Cybernetics and Information Processes, S. 286-305.*
- [8] GORAL, C. M.; TORRANCE, K. E.; GREENBERG, D. P. & BATTAILE, B. (1984): Modelling the Interaction of Light Between Diffuse Surfaces. *SIGGRAPH 84, S. 213-222.*
- [9] IWAINSKY, A.; KAISER, D. & SOYKA, D. (1987): Computergrafik – Fenster zu rechnerinterner Information. *Jugend und Technik 35, S. 256-260.*
- [10] HEGER, D.; SCHWARZ, H.-H. & STEUSLOFF, H. (1977): Räumlich verteilte Prozessrechnersysteme, Automatisierungsstrukturen im Wandel. *INTERKAMA-Kongress 1977. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.*
- [11] IWAINSKY, A.; CANUTO, E.; TARASZOW, O. & VILLA, A. (1986): Network Decomposition for the Optimization of Connection Structures. *NETWORKS 16, S. 205-235.*
- [12] IWAINSKY, A. (Hrsg.) (1985): Optimization of Connection Structures in Graphs. *Berlin: Central Institute of Cybernetics and Information Processes.*
- [13] BENNEWITZ, W. (1981): Strategie zur Lösung topologischer Probleme bei der Projektierung von Automatisierungsanlagen auf der Basis von Mikrorechnern. *Dissertationsschrift B zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Wissenschaften. Leipzig: Technische Hochschule.*
- [14] IWAINSKY, A.; VIGERSKE, W. & RUNGE, F. (2000): Modellierung und Analyse gebäudeinterner Verkehrswege. In: *Iwainsky, A. (Hrsg.), Tagungsband der CAD 2000. Bonn: GI Gesellschaft für Informatik e.V., S. 469-492.*
- [15] PAUL, L.; STANKE, G. & POCHANKE, M. (2009): 3D-NordOst 2009. *Tagungsband des 12. Anwendungsbezogenen Workshops zur Erfassung, Modellierung, Verarbeitung und Auswertung von 3D-Daten. Berlin: GFaI.*
- [16] NITZ, S. (2006): CAFM-System hilft Kosten zu sparen. *Unternehmen, Märkte, Jobs 15.*

Erstmaliger Einsatz von Mikrorechnern in verkehrsdienstlichen und -technischen Prozessen

Öffentlichkeits- und breitenwirksame Erschließung von Innovationspotentialen in den Jahren 1977 bis 1984

HORST STROBEL UND PETER HORN

prof.h.strobel@arcor.de, dr.peter.horn@t-online.de

Die ersten Mikrorechner wurden bekanntlich in der zweiten Hälfte der 1970er Jahre verfügbar, wobei – nach heutigen Maßstäben – eine sehr geringe Leistungsfähigkeit zu verzeichnen war. Trotzdem gelang es, Ersteinsatzfälle in Verkehrsprozessen zu schaffen, die eine große Breitenwirksamkeit und eine überwiegend positive öffentliche Resonanz erfuhr. Dieser Beitrag will über die hierbei gesammelten Erfahrungen aus dem Blickwinkel der Technikgeschichte berichten.

1 Vorarbeiten und Erfolgsfaktoren

Unmittelbar nach dem Verfügbarwerden der ersten Mikrorechner (Ende der 1970er Jahre) wurden Ersteinsatzfälle in Verkehrsprozessen realisiert, die in kurzer Zeit eine weite Verbreitung und große Öffentlichkeitswirksamkeit erreichten. Die Grundlagen hierfür wurden seit dem Jahre 1970 am Lehrstuhl *Regelungstechnik und Prozesssteuerung* (Prof. Strobel) der Dresdner Hochschule für Verkehrswesen (HfV) *Friedrich List* erarbeitet [10]. Hierzu gehörte auch die zusätzliche Tätigkeit des zuerst genannten Autors am *International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)* in Laxenburg bei Wien (ab 1974), die zu der Monographie *Computer Controlled Urban Transportation* [1] führte – der ersten umfassenden Darstellung dieses Fachgebietes im englischen Sprachraum. Die schnelle Praxisüberleitung erhielt wesentliche Impulse dadurch, dass die Verfasser ab 1982 zusätzlich zu ihrer Dresdner Hochschul-lehrertätigkeit die Leitung eines in Berlin neu gegründeten *Zentrums für Prozessautomatisierung (ZPA)* am *Zentralen Forschungsinstitut des Verkehrswesens (ZFIV)* übernahmen. Einige der realisierten Mikrorechnerlösungen können als zu jener Zeit weltweit neuartig angesehen werden. Das wird als Anlass und Rechtfertigung für eine Analyse aus dem Blickwinkel der Technikgeschichte angesehen, wobei eine Konzentration auf die Darstellung ausgewählter Ersteinsatzfälle in verkehrsdienstlichen und verkehrstechnischen Prozessen erfolgt (vgl. [3]).

2 Verkehrsdienstliche Prozesse

Auf diesem Gebiet sind Ersteinsatzfälle im Fahrausweisverkauf, im Zahlungsverkehr (Geldautomaten) sowie in Stadt- und Verkehrs-Informationssystemen realisiert worden. Nachfolgend wird, aus Umfangsgründen, nur auf den zuerst genannten Einsatzbereich eingegangen.

2.1 Der Mikrorechnergesteuerte Dialogautomat: Erstmalige Nutzbarkeit des interaktiven Bildschirmdialogs in der Öffentlichkeit

Mit dem Verfügbarwerden der ersten Mikroprozessoren entstanden bei einigen Eisenbahnverwaltungen so genannte *Mikrorechnergesteuerte Zieltasten-Automaten (MZA)*, bei denen jedem Ziel und jeder Tarifart eine Taste zugeordnet war. Die Erprobung des MZA im Fernbahnhof Berlin-Schöneweide endete mit einem Misserfolg: Die Inanspruchnahme war sehr gering und von der angestrebten Entlastung der Fahrkartenschalter konnte keine Rede sein. Eine Analyse des Tarifsystems und der Verkaufsstatistiken machte sichtbar (vgl. [2], [5]), dass das Rationalisierungsziel nur dann erreichbar sein würde, wenn der neu zu schaffende Automat folgende Leistungsmerkmale aufweist: (1) Fahrausweisverkauf mindestens nach den am meisten nachgefragten 200 Zielen und (2) Berücksichtigung der am häufigsten verlangten Tarifarten, d. h. der sehr stark (zu 75 %) ermäßigten Fahrausweise für Schüler und Studenten sowie der so genannten Arbeiterrückfahrkarten mit einem Nachfrageanteil von 40 bis 50 % in den größeren Stationen. Diese Fahrkarten konnten allerdings an den Schaltern nur gegen Vorlage entsprechender Ausweise oder Anträge erworben werden.

Von H. Strobel wurde deshalb das durch Abbildung 1 veranschaulichte Konzept des Mikrorechnergesteuerten Dialogautomaten (MDA) [2], [5], [6] entworfen, das weltweit erstmals, d. h. vor dem Verfügbarwerden von Personal-Computern, die Nutzung des interaktiven Bildschirmdialogs für den Fahrausweiserwerb durch eine breite Öffentlichkeit ermöglichte. Durch geeignete Dialoggestaltung gelang es die o. g. Erfolgsfaktoren zu berücksichtigen. Dazu ist der Bildschirm optisch in zwei Bereiche unterteilt worden (vgl. Abbildung 1): In das obere Feld BEDIENVORSCHRIFT und den unteren Bereich KONTROLLAUSSCHRIFT. Als Eingabe-Medium wurde ein Sensortastenfeld mit den Ziffern 0 bis 9 und der Taste „FEHLER“ zur Eingabekorrektur vorgesehen. Tabelle 1 veranschaulicht die drei für das Erreichen der Innovationsziele maßgebenden Dialogschritte, die lediglich noch zu ergänzen waren um Eingaben zu den Optionen *Hinfahrt, Hin-& Rückfahrt etc.* sowie zur *Zugattung*. Der Dialog begann mit der Aufforderung, aus dem neben dem Automaten angebrachten Aushang (vgl. Abbildung 1) die so genannte „Bahnhofskenzahl“ (in Gestalt leicht modifizierter Postleitzahlen) abzulesen und über die Wahlkosten einzugeben.



Abbildung 1: Laborerprobung des MDA am Lehrstuhl Regelungstechnik und Prozesssteuerung der HfV (1979): Fahrausweisverkauf im interaktiven Bildschirmdialog (ca. 5.000 Fahrkartenarten – weltweit erstmalig)

Die für den Erwerb ermäßigter Fahrkarten entscheidende Idee bestand darin, den Reisenden durch eine aktive Handlung bestätigen zu lassen, dass er im Besitz eines gültigen Ausweises bzw. Antrages ist (vgl. Dialogschritt 3 in Tabelle 1). Der ausgedruckte Fahrausweis enthielt deshalb die eingegebene Ziffernfolge, d. h. die so genannte WAHL-NR: 2700-4-1-1-3, wobei die an dritter Stelle stehende Zahl „1“ dem Fahrkartenkontrolleur erkennen ließ, dass der Reisende versichert hatte, im Besitz eines gültigen Antrages oder Ausweises zu sein. Für die Realisierung der o. g. Erfolgsfaktoren waren also nicht nur technologische Innovationen sondern auch organisatorische Neuerungen erforderlich. Ein unter Nutzung des Mikrorechners K1510 an der HfV entwickelter MDA wurde erstmals in der Vorweihnachtswoche des Jahres 1979 im Berliner Bahnhof Schöneweide mit dem Ziel getestet, Erkenntnisse über die Akzeptanz des zu jener Zeit völlig neuartigen und von vielen Seiten sehr skeptisch beurteilten Dialogkonzeptes zu gewinnen. Zu Beginn war der Automat ständig von 10 bis 20 „Zuschauern“ umlagert – aber niemand kaufte eine Fahrkarte. Das „Eis“ wurde durch Schulkinder gebrochen, die den Bildschirmdialog sofort begriffen und die gesamte Bahnhofskennzahlenliste fehlerfrei durchspielten. Die zunehmende Akzeptanz des MDA führte zu der Entscheidung, eine Pro-

duktion im Rationalisierungsmittelbau der DR (Reichsbahnausbesserungswerk Berlin-Schöneweide) und eine netzweite Einführung vorzunehmen. Bis zum Jahr 1984 wurden 400 MDA in den etwa 150 größten Bahnhöfen eingesetzt [4].

Tabelle 1: Gestaltung des interaktiven Bildschirmdialog, dargestellt am Beispiel des Erwerbs eines Fahrausweises für Studenten von Berlin nach Schwerin

Bedienvorschrift	Eingabe	Kontrollausschrift
BAHNHOFSKENNZAHL AUSHANG ENT- NEHMEN UND UEBER WAHLTASTEN EINGEBEN !	2700	2700 SCHWERIN (MECKL.) UEB. LUDWIGSLUST
EINTASTEN: 2=NORMALFK. 3=KINDERFK. 4=STUDENT 5=ARBEITERRUECKF.	4	2700 SCHWERIN (MECKL.) UEB: LUDWIGSLUST SCHÜLER / STUDENT
SIND SIE IM BESITZ EINES GUEL- TIG. ANTRAGS BZW STUDENTENAUS- WEISES ? 1 = JA 2 = NEIN	1	2700 SCHWERIN (MECKL.) UEB. LUDWIGSLUST SCHÜLER / STUDENT GILT NUR MIT ANTRAG / STUDEN- TENAUSWEIS

An jedem Automaten wurden ca. 5.000 Fahrkartenarten (für den Fern- und Nahverkehr sowie Zeit- und Zuschlagskarten) angeboten – nie zuvor konnte an einem Selbstbedienungsgerät ein derartig umfangreiches Angebot abgerufen werden. Dadurch wurden erhebliche Effekte erzielt: So konnte z. B. nachgewiesen werden, dass die zwei im Dresdner Hauptbahnhof eingesetzten Dialogautomaten im Spitzenverkehr eine Abfertigungsgeschwindigkeit erreichten, die mit der eines modernisierten Schalters (vgl. dazu 2.2) vergleichbar war [5]: In den Spitzenzeiten wurde im Mittel alle 37 Sekunden ein Fahrausweis verkauft; 60 % davon entfielen auf die zu 75 % ermäßigten (antragsgebundenen) Fahrkarten, d. h. junge und gut ausgebildete Reisende bildeten die Hauptnutzer der neuen Technik.

Mit der Währungsunion im Jahre 1990 erfolgte die Umstellung auf die Annahme von D-Mark-Münzen. Das gelang allein durch eine Änderung der Software für den neuartigen Mikrorechnergesteuerten Münzprüfer [7] (vgl. Abbildung 1, rechts unten).

Die Nutzung des MDA lief im Jahre 1995, d. h. ca. 15 Jahre nach der ersten öffentlichen Präsentation aus. Der Hauptgrund ergab sich aus dem neuen Tarifsystem, in dem das wichtigste Nachfragepotential des MDA, d. h. die aus sozialen Gründen zu 75 % ermäßigten Fahrausweise des Schüler- & Studenten- sowie des Arbeiterberufsverkehrs eine nennenswerte Rolle nicht mehr spielten.

2.2 Der Mikrorechnergesteuerte Schalterdrucker (MSD): Durchgreifende Veränderung des Berufsbildes der Schalterbeschäftigten.

Unter Nutzung des ersten Mikrorechners K1510 von Robotron wurde 1979 an der HfV der MSD und damit eine neue Generation der Schalterverkaufstechnik entwickelt [2], [4], [8]. Bis dahin erfolgte der Fahrausweisverkauf bei der Deutschen Reichsbahn und anderen Eisenbahnverwaltungen dadurch, dass auf elektromechanischen Schalterdruckern durch traditionelle Drucktechnik kleine *Pappfahrkarten* bedruckt wurden oder *Blanko-Fahrkarten* handschriftlich auszufüllen waren. Am 29. November 1979 wurde die erste mikroelektronisch hergestellte Fahrkarte der DR mit Hilfe des MSD (vgl. Abbildung 2) im Berliner Bahnhof Schöneweide verkauft. Die notwendige Modifikation der Baugruppen erfolgte im Reichsbahnausbesserungswerk Berlin-Schöneweide. Bis zum Jahre 1984 wurde der Abschluss des Modernisierungsprogramms vorgenommen, d. h. ca. 600 MSD wurden in den etwa 200 größten Bahnhöfen der DR eingesetzt (vgl. Abbildung 2 und [4], [8]).



Abbildung 2: Einsatz des MSD im Bahnhof Berlin-Lichtenberg (1980)

Dadurch wurden auf den größeren Bahnhöfen folgende Effekte erzielt: (1) Erhöhung der mittleren Abfertigungsgeschwindigkeit auf ca. 160 %, (2) Verkürzung der Schicht-Übergabezeiten auf etwa 25 %, (3) Einstellung der materialintensiven Produktion elektromechanischer Drucker und (4) entscheidende Verbesserung der Arbeitsbedingungen für etwa 2000 Eisenbahnerinnen mit interessanten sozialen Auswirkungen: Aus der körperlich anstrengenden Arbeit der „*Pappenverkäuferin*“ wurde die leichtere, d. h. sitzende Tätigkeit einer „*Computerbedienerin*“ (vgl. Abbildung 2). Der Beruf der Fahrkartenverkäuferin wurde unter jungen Leuten wieder gefragt, wodurch ernste Nachwuchsprobleme der DR entschärft worden sind (vgl. [4], [8]).

Anfang der 1990er Jahre, d. h. nach der Zusammenführung der beiden deutschen Bahnen erfolgte die Ablösung des, gemessen an der Entwicklungsdynamik der Mikroelektronik, inzwischen „*betagten MSD*“ durch das System „Kurs90“ der DB, was naturgemäß, wie beim MDA, auch durch grundlegende Änderungen des Tarifsystems zu begründen war.

3 Verkehrstechnische Prozesse

Ersteinsatzfälle sind hier in folgenden Anwendungsbereichen realisiert worden (vgl. [3]): (1) Bordrechnereinsatz in Schienenfahrzeugen, (2) Steuerung des städtischen Straßen- und Nahverkehrs, (3) Betriebsleitsysteme für den Eisenbahnverkehr und (4) Automatisierung von Umschlags- und Lager-Haltungsprozessen. Nachfolgend werden Beispiele aus den zwei zuerst genannten Gebieten sowie aus einem speziellen Problem des Flugbetriebes dargestellt.

3.1 Bordmikrorechnereinsatz: Energiesparende Zugsteuerung und Zuglaufmodifikation im Eisenbahnnahverkehr – **weltweit erstmalig**.

Die wissenschaftlichen Grundlagen zur Lösung dieser Aufgabenstellung wurden bereits Anfang der 1970er Jahre geschaffen [9], [10], [11]. Zwei miteinander verflochtene Aufgaben wurden untersucht.

(1) *Die energieoptimale Zugsteuerung (EOZ)*, die das optimale Fahrregime zwischen zwei Halten zu realisieren hatte. Die *Theorie optimaler Prozesse* (Maximum – Prinzip von Pontrjagin) lieferte die Erkenntnis, dass nur vier Fahrregime in Betracht zu ziehen sind:

- a) Antrieb mit der maximal zulässigen Beschleunigung,
- b) Beharrungsfahrt an der Höchstgeschwindigkeitsgrenze,
- c) Auslauf und
- d) Bremsen mit der maximal zulässigen Verzögerung.

Die Übergänge zwischen diesen Fahrregimen hängen ganz entscheidend von der verfügbaren Fahrzeit ab. Es handelt sich dabei um ein *Spiel mit Sekunden*, das die Leistungsgrenzen eines Menschen überschreitet und deshalb nur rechnergestützt bewältigt werden kann. Dabei kann der Bordrechner als Fahrerassistenzsystem eingesetzt werden, das das jeweils anzuwendende Fahrregime dem Triebfahrzeugführer anzeigt (vgl. Display, links in Abbildung 3, zur Anzeige des jeweils optimalen Fahrregimes).

(2) *Die energieoptimale Zuglaufmodifikation* für eine komplette Nahverkehrslinie. Hier sind die Fahrzeiten zwischen den einzelnen Haltepunkten so zu bestimmen, dass die pünktliche Ankunft am Endpunkt bzw. an einem wichtigen Umsteigepunkt gesichert und der Energieverbrauch insgesamt mi-

nimiert wird. Diese Aufgabe konnte unter Nutzung der *Dynamischen Programmierung nach Bellman* gelöst werden (vgl. [11]).

Experimentelle Studien, die bereits 1974 an der HfV mit Hilfe eines Triebfahrzeugsimulators und des Prozessrechners PR 2100 durchgeführt wurden (vgl. [9]), deuteten auf mögliche Traktionsenergieeinsparungen in einer Größenordnung von 10 bis 20 % hin. Unter Verwendung des ersten Mikrorechners MR 1, der 1977/78 in der DDR verfügbar wurde, ist an der HfV ein erstes Bordrechnermodell entwickelt und im Wendezugbetrieb *Dresden-Meißen* und *Dresden-Schmilka* erprobt worden. Die ermutigenden Resultate, die die Simulationsstudien bestätigten, bildeten die Grundlage für die Entwicklung eines Bordrechners auf der Basis des Mikroprozessors U 880 (durch die HfV und das ZPA) in Hinblick auf den Ersteinsatz bei der S-Bahn Berlin (vgl. Abbildung 3), der im Forschungs- und Entwicklungswerk Blankenburg der DR produziert worden ist. Mehr als 100 Bordmikrorechner sind bis Mitte der 1980er Jahre in Berliner S-Bahn-Zügen eingesetzt worden.

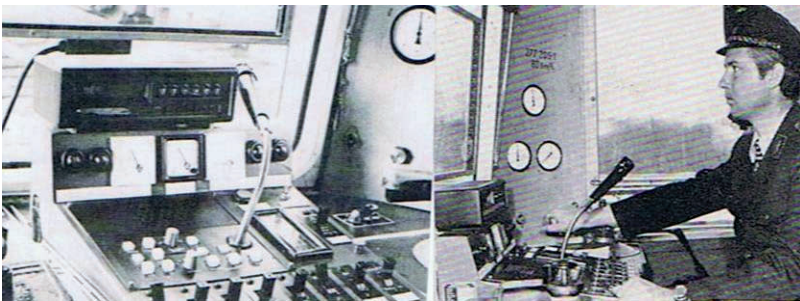


Abbildung 3: Bordmikrorechnereinsatz in Triebfahrzeugen der Berliner S-Bahn als Fahrerassistenzsystem zur Realisierung energiesparender Fahrweisen (Anfang der 1980er Jahre – weltweit erstmalig). Bild links: Display zur Anzeige der nächsten Haltestelle und des jeweils optimalen Fahrregimes

Nach der Vereinigung von Reichs- und Bundesbahn ist dem Problem der Energieeinsparung nicht mehr die zu DDR-Zeiten geltende Priorität zugemessen worden, was sich allerdings in den zurückliegenden Jahren wieder grundlegend geändert hat. Nach der Eingliederung des universitären Teiles der HfV in die TU Dresden hat deshalb der zuerst genannte Autor am Lehrstuhl *Verkehrssysteme und -prozessautomatisierung* eine Erweiterung der in den 1970er Jahren geschaffenen Systemlösung durch Integration der energieoptimalen Zugsteuerung und Zuglaufmodifikation mit einer Anschluss-Sicherung (vgl. [12]) veranlasst. Das Verfügbarwerden leistungsfähiger PDA mit GPS Ortung eröffnet überdies die Chance, zukünftig auf die Entwicklung spezieller Bord-

rechner zu verzichten, wodurch die bei Schienenfahrzeugen bestehenden „Nachrüstbarrieren“ reduziert werden.

3.2 Die Mikrorechnergesteuerte Knotenschaltanlage: Der erste Mikro-Rechner am Straßenrand.

Bereits im Mai 1979 wurde am Dresdner Knotenpunkt *Ackermannstraße-Zellescher Weg* erstmals ein Mikrorechner am Straßenrand eingesetzt und erfolgreich für die vollverkehrsabhängige Regelung des Individual- und des Straßenbahnverkehrs genutzt [13]. Diese Entwicklung der HfV bildete die Grundlage für die spätere Serienproduktion von Mikrorechner-Knotenschaltanlagen durch das Geräte-Reglerwerk (GRW) in Leipzig.

3.3 Die Flugzeugnotfanganlage ATU-G/1A: Ein neuartiges Mikrorechner-gesteuertes Lebensrettungssystem

Besonders wichtige verkehrstechnische Prozesse stellen die Start- und Landevorgänge im Flugbetrieb dar, da hier das größte Unfallrisiko besteht. Im Jahre 1975 wurde an den Lehrstuhl *Regelungstechnik und Prozesssteuerung* der HfV das Anliegen herangetragen, die Entwicklung einer Flugzeug-Notfanganlage wissenschaftlich zu unterstützen, die bei einer Havarielandung oder bei einem Startabbruch das Leben und die Gesundheit der Flugzeuginsassen zu bewahren gestattet. Wegen fehlender konstruktiver Voraussetzungen konnte dabei auf das bei Flugzeugträgern genutzte Prinzip „*Fanghaken am Flugzeug- Stahlseil-passive Bremsstrommel*“ nicht zurückgegriffen werden. Vielmehr war ein automatisch aufzurichtendes, über Bremsgurte mit hydraulisch gesteuerten Bremsstrommeln verbundenes Fangnetz vorgesehen, in das das Flugzeug im Havariefall hineinrollt. (vgl. Abbildungen 4 und 5).

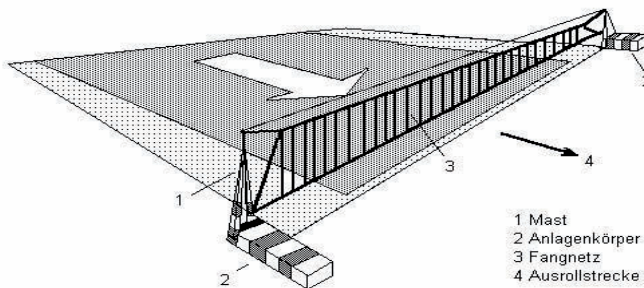


Abbildung 4: Prinzipdarstellung des Anlagenschemas der Flugzeugnotfanganlage

Die Bremsstrommeln waren nun so zu steuern, dass im Havariefall Flugzeuge mit einer Masse von bis zu 20 Tonnen und einer Einrollgeschwindigkeit von bis zu 360 km/h auf einer maximalen Bremsstrecke von 330 m zwangsweise zum Halten gebracht werden. Die nichtlineare Anlagengeometrie und die komplizierte Dynamik des Systems „Fangnetz-Bremsgurte-Bremsstrommeln-Hydraulik“ schlossen konventionelle Lösungen der Regelungstechnik aus. Im Jahre 1976 wurde deshalb an der HfV unter Nutzung eines der ersten Mikrorechner MR1 (Vorläufer des K 1510 von Robotron) eine neuartige Lösung für das Steuerungssystem entwickelt [14]. Nach dessen erfolgreicher Erprobung 1977, mit Flugzeugen vom Typ MiG-21 und MiG-23, begann 1979 die Produktion für die Warschauer-Pakt-Staaten in der Flugzeugwerft Dresden auf der Basis des Mikrorechners K 1510. Diese Anlagen haben in Friedenszeiten mehreren Piloten auf unterschiedlichsten Flugzeugtypen das Leben gerettet (vgl. dazu auch Diskussionen in [16]). Nach der Wiedervereinigung Deutschlands wurde mit der MiG-29 auch die ATU-G/1A von der Bundeswehr übernommen und mit Flugzeugen vom Typ Phantom F4 erprobt, vgl. Abbildung 5.



Abbildung 5: Erprobung der Fanganlage mit einem Flugzeug Phantom F4 in der Wehrtechnischen Dienststelle für Luftfahrzeuge in Manching.

1995 erfolgte eine Modernisierung der rechentechnischen Basis (Substitution des K 1510), allerdings auf der Grundlage der bereits in den 1970er und 1980er Jahren entwickelten und erprobten Regelungs- und Steuerungs-Algorithmen (vgl. dazu [15]). In [17] wird die Funktionsweise der ATU-G/1A durch Videos von Fangversuchen auf den Flugplätzen Alteno (südlich von Berlin, 1977, mit den Flugzeugtypen MiG-21 und MiG-23) und Manching (Bayern, 1996, Erprobung mit der Phantom F4) veranschaulicht. Betrachtet man den Einsatz der Mikrorechnergesteuerten Flugzeugnotfanganlage ATU-G/1A von dem ersten Fertigungsmuster des Jahres 1979 bis zur Einstellung der Wartungsarbeiten im Jahre 2004, so ergibt sich eine „Lebenszeit“ von 25 Jahren. Die ATU-G/1A ist damit nicht nur eines der ersten Mikrorechnerprojekte

der DDR, sondern vermutlich auch dasjenige, das am längsten erfolgreich zum Einsatz kam.

Die hier skizzierte Flugzeugnotfanganlage wurde bisher ausschließlich im militärischen Bereich genutzt und es wurden nachweislich Flugzeuge der Typen MiG, Suchoi, Phantom und Tornado gefangen. Wie in [15] dargestellt und durch Lande- und Starthavarien aus jüngster Zeit bestätigt worden ist, erscheint allerdings auch für „kleinere“ Zivilflugzeuge mit einer Masse von weniger als 20 bis 50 Tonnen der Einsatz von Flugzeugnotfanganlagen angezeigt zu sein, da hier, nach Untersuchungen des Luftfahrtbundesamtes, Unfälle durch das Überrollen der Start- bzw. Landebahn am häufigsten auftreten.

4 Literatur und Internetquellen

- [1] STROBEL, H. (1982): Computer Controlled Urban Transportation: A Survey of Concepts, Methods, and International Experiences. *Chichester-New York-Brisbane-Toronto-Singapore: John Wiley & Sons, 500 S.*
- [2] STROBEL, H. et al. (1981): Über den Einsatz der Mikrorechentechnik zur Rationalisierung des Fahrausweisverkaufs bei der Deutschen Reichsbahn. *Beitrag zum ersten Kolloquium „Anwendung von Mikroprozessoren bei der Eisenbahn“ am 5. und 6. Mai 1981 in Madrid. Internationales Eisenbahnforschungsinstitut ORE, Utrecht, Technisches Dokument DT 130, Januar 1982.*
- [3] STROBEL, H. (Hrsg.) (1984): Prozessautomatisierung im Verkehrswesen 1979–1984. Fünf Jahre Anwendung der Mikrorechen- und Roboter-Technik. *Berlin: Schriftenreihe des Zentralen Forschungs-Instituts des Verkehrswesens der DDR, ZFIV report 11 (27), 359 S.*
- [4] STROBEL, H. (1984): Prozessautomatisierung im Verkehrswesen. Bilanz und Perspektiven. *In: [3], S. 3-26.*
- [5] STROBEL, H. (1984): Der Mikrorechner gesteuerte Dialogautomat. Das technisch-technologische Konzept und seine Akzeptanz auf großen Bahnhöfen. *In: [3], S. 62-77.*
- [6] STROBEL, H. (1979): Universeller Selbstbedienungsverkaufsautomat für Fahrkarten und andere Belege. *Patentschrift 144692, Wirtschaftspatent G 07 B / 214 010, angemeldet am 02.07.1979 beim AfEP der DDR.*
- [7] BECKER, W.; PÄTZOLD, A. & STROBEL, H. (1979): Anordnung für einen elektronischen Mehrsortenmünzprüfer. *Patentschrift 145340, Wirtschaftspatent G 07 F / 214 698, angemeldet am 31.07.1979 beim AfEP der DDR.*

- [8] KOSEMUND, M. & BECKER, W. (1984): Der Mikrorechner gesteuerte Schalterdrucker (MSD): Konzepte und Erfahrungen. In: [3], S. 52-61.
- [9] HORN, P. (1974): Beitrag zur Lösung des Syntheseproblems der energieoptimalen Steuerung einer Zugfahrt. *Dresden, Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“, Dissertation.*
- [10] STROBEL, H.; HORN, P. & KOSEMUND, M. (1974): A Contribution to Optimum Computer-Aided Control of Train Operation. *Proceedings of the 2nd IFAC/IFIP/IFORS Symposium on Traffic Control and Transportation Systems. Monte Carlo, 16-21 Sept. 1974, S. 377-387*
- [11] HORN, P. (1976): Energieoptimale Fahrweisen und ein Verfahren zur energiesparenden Zuglaufmodifikation. *Schienenfahrzeuge 20 (11), S. 388-390.*
- [12] OETTICH, S. (2005): Energiesparende und anschlussoptimierende Steuerung von Stadtschnellbahnen: Ein mehrkritieller Zugang zur Echtzeitoptimierung von Fahrweisen und Fahrzeiten. *TU Dresden, Dissertation an der Fakultät „Verkehrswissenschaften“ Friedrich List.*
- [13] GLÖCKNER, B.; KRIMMLING, J.; KÜHNELT, D. & PACKROFF, K. (1984): Verkehrssteuerungssystem für den Straßenverkehr auf Mikrorechner-Basis VSM. In: [3], S. 264-271.
- [14] HORN, P.; SCHEFFLER, U. & KEHR, L. (1979): Verfahren zur Steuerung von Bremsanlagen in Flugzeugfanganlagen. *GPB 64F/217464 beim AfEP der DDR, 1981; Patentschrift DD 301 104 erteilt durch das Deutsche Patentamt der BRD, 1992.*
- [15] HORN, P. & SCHEFFLER, U. (1996): Entwicklung und Einsatz von Flugzeugnotfanganlagen. *Beitrag zum Deutschen Luft- und Raumfahrtkongress, 24.-27. September 1996 in Dresden.*
- [16] Die Flugzeugnotfanganlage ATU-G/1A im Flugzeugforum. <http://www.flugzeugforum.de/forum/showthread.php?t=42814>.
- [17] Die Flugzeugnotfanganlage ATU-G/1A. http://www.dr-peter-horn.de/html/Win_Inf_ATU.htm.

Die zitierten Internetquellen wurden zuletzt am 26.08.2010 aufgerufen.

Die Entwicklung von rechnergestützten Leitungsinformationssystemen in Hochschulen der DDR am Beispiel der Humboldt-Universität zu Berlin

PETER SCHIRMBACHER

schirmbacher@cms.hu-berlin.de

In den 1970er und 80er Jahren waren international Begriffe wie Management-Informationssysteme (MIS), Decision Support Systems (DSS) oder Information Resources Management die gängige Praxis zur Beschreibung des Einsatzes der elektronischen Datenverarbeitung in Führungsbereichen. Vergleichbare Ansätze in der DDR wurden in der Mehrzahl der Fälle als rechnergestützte Leitungsinformationssysteme oder AIV-Anwendungen in der Leitung bezeichnet. Im Wesentlichen lassen sich dabei zwei (mitunter drei) Forschungs- und Entwicklungslinien bei den Systemansätzen im Bereich des damaligen Hoch- und Fachschulwesens feststellen. Gestützt durch das Ministerium wurde durch den Arbeitskreis LIS und später durch das Zentralinstitut für Hochschulbildung der Versuch unternommen, für die seinerzeit zur Nachnutzung angebotenen Systeme der Verwaltungsunterstützung in den Hochschulen eine entsprechende theoretische Grundlage zu legen. Nahezu im Gegensatz dazu standen die Ansätze von Fuchs-Kittowski, Wenzlaff und Kollegen aus der Sektion Wissenschaftstheorie und -organisation und dem Organisations- und Rechenzentrum der Humboldt-Universität. Auf der Basis dieses Ansatzes sollte ein nutzerzentriertes Leitungsinformationssystem unter Beachtung des Verhältnisses von Organisationssystem und Informationssystem aufgebaut werden.

1 Einführung

Wissenschaftliche Ausarbeitungen zum Thema „Rechnergestützte Leitungsinformationssysteme in der DDR (RLIS)“, um die es in diesem Beitrag gehen soll, sind vergleichsweise schwierig zu finden. Zum einen war die Zahl der Publikationen offensichtlich nicht sehr groß und zum anderen erschienen diese Veröffentlichungen sehr häufig nicht als offizielle Verlagsprodukte sondern als „Graue Literatur“. So wurde zum Beispiel die Schriftenreihe des Zentralinstituts für Hochschulbildung im VEB Kongreß- und Werbedruck Oberlungwitz gedruckt. Im Netz verfügbare Arbeiten zu diesem Problemkreis gibt es so gut wie gar nicht. Es hat sich kaum jemand die Mühe der Digitalisierung gemacht. Ich erwähne dies am Beginn meiner Ausführungen, weil ich die Lesenden um Verständnis bitte, wenn die Breite des Beitrages zu wünschen übrig lässt und

nicht das gesamte Spektrum der Arbeiten zu RLIS an den Hochschulen der DDR reflektiert wird und weil ich sehr offen bin für Ergänzungen und dazu gerade ermuntern möchte.

Die Motivation, sich mit dem Thema der Entwicklung der RLIS in der DDR auseinanderzusetzen, ergibt sich sowohl durch meine Dissertation, die ich 1988 zu diesem Thema geschrieben habe, als auch durch die Verantwortung, die ich seit vielen Jahren als Direktor des Computer- und Medienservice der Humboldt-Universität unter anderem auch für die IT-Unterstützung der Verwaltung trage. 40 Jahre Revue passieren zu lassen, ist interessant und birgt den Reiz in sich, eigene Gedanken und selbst verfasste oder verantwortete Konzeptionen an der universitären Praxis zu überprüfen.

Zum Verständnis der Entwicklungslinien von RLIS werden zunächst die Randbedingungen aus technischer, organisatorischer und gesellschaftlicher Sicht beschrieben, um dann näher auf Entwicklungsperioden und Paradigmenwechsel bei der Gestaltung einzugehen. Die jeweilige Umsetzung an der Humboldt-Universität soll dabei als Beispiel dienen.

2 Das Rechenzentrum der Humboldt-Universität und seine Aktivitäten zur Unterstützung der Leitung und Verwaltung

Als bekannt kann man voraussetzen, dass es in den 1960er Jahren zur Gründung einer Vielzahl von Rechenzentren in den Hochschulen der DDR kam. Die entsprechenden Beschlüsse der SED und der Regierung der DDR fanden bereits in den vorhergehenden Konferenzen zur Informatik in der DDR Erwähnung, sodass sie hier nicht wiederholt werden sollen [1].

An der Humboldt-Universität hat das Rechenzentrum am 1. Januar 1964 offiziell die Arbeit aufgenommen. Es gehörte zum 2. Mathematischen Institut und war somit zunächst keine selbstständige Betriebseinheit, wie man das heute auf der Basis des Berliner Hochschulgesetzes formulieren würde. Im April 1965 konnte der erste Rechner, ein ZRA 1, in Betrieb genommen werden. Die Hauptaufgabe der damals zunächst zehn Kollegen bestand in der Einsatzvorbereitung der universitären Rechentechnik, der Ausbildung von Studierenden und Lehrenden, der Weiterbildung für Spezialisten von Berliner Betrieben, der Unterstützung der Forschung unter Nutzung des Computers und in der eigenen Forschung auf dem Gebiet der Computerentwicklung. Diese Aufzählung erfolgt allein aus dem Grund, um zu verdeutlichen, dass der Computereinsatz für universitäre Belange der Verwaltung (im weitesten Sinne) in keiner Weise erklärte Absicht war. Die Forschung und die Unterstützung der Forschung standen im Mittelpunkt. So gab es Kurse des Rechenzentrums sowohl für die Wissenschaftler der Humboldt-Universität, aber auch darüber hinaus und 1969 zum Beispiel die „Schwarze Stunde“, in der Prof. Schwarze, der damalige Direktor des Rechenzentrums, in sechs 90-Minuten-Vorträgen

der Leitung der Universität die Vorzüge der Computernutzung darbringen konnte [2].

Zu den ersten Anwendungen zur Unterstützung der Verwaltung der Universität gehörten Anfang der 1970er Jahre die sogenannte Studentenstatistik, ein Programm, das in Listenform einen Überblick zur Zahl der Studierenden in den unterschiedlichen Sektionen der Universität gab, und ein Programm zur Vergabe von Lehr- und Veranstaltungsräumen, um durch eine Optimierung der Nutzung der nahezu chronischen Knappheit an Lehrräumen zu begegnen. Verantwortlich für die Entwicklung und Einführung zeichnete eine sogenannte „Zentrale Organisatorengruppe“, die dem Verwaltungsdirektor, in seinen Aufgaben vergleichbar einem heutigen Universitätskanzler, unterstellt war. In den Memoiren [3] von Bodo Wenzlaff, von 1972 bis 1982 Direktor des Rechenzentrums, ist dazu zu lesen, dass es sich bei der Organisatorengruppe und dem Rechenzentrum um zwei „verfeindete Gruppen“ handelte, die er mit der Amtsübernahme 1972 zusammenzuführen hatte. Es wurden seinerzeit insgesamt sechs Abteilungen gebildet und mit der Integration dieser Organisatorengruppe erstmals eine Abteilung zur Unterstützung der Verwaltung der Universität direkt im Rechenzentrum etabliert. Zusätzlich zu den traditionellen Aufgaben der Rechenzentren der damaligen Zeit sollte das Rechenzentrum an der Humboldt-Universität auch die Arbeitsprozesse in der Verwaltung rationalisieren und durch die Einführung von Datenverarbeitungssystemen in ihrer Effizienz verbessern. Um dieser Aufgabenverschiebung Rechnung zu tragen, kam es zur Umbenennung in Organisations- und Rechenzentrum.

Selbstverständlich war das Anliegen, Verwaltungsprozesse zu unterstützen, ebenso bei anderen Hochschulen in der Zwischenzeit zur Aufgabe erklärt worden. Die Ansätze unterschieden sich jedoch.

Das theoretische Hinterland für die Herangehensweise der Humboldt-Universität wurde letztlich durch die Arbeiten von Klaus Fuchs-Kittowski und Bodo Wenzlaff mit Unterstützung von Horst Kaiser, Rainer Tschirschwitz und in der Folgezeit durch weitere Assistenten und Doktoranden aus der Sektion Wissenschaftstheorie- und Organisation gelegt. Ohne in die Details gehen zu wollen, so bestand der Hauptunterschied seinerzeit darin, dass man an der Humboldt-Universität von Beginn an davon ausgegangen ist, dass es sich bei den Leitungsprozessen um schöpferische Prozesse handelt, die zwar einen Anteil schematischer Tätigkeiten beinhalten, den man einer Automatisierung zuführen kann, aber eben auch einen Anteil semantisch geprägter Aufgaben, den man gar nicht oder nur begrenzt automatisieren kann. In diesem Sinne wurde ein RLIS definiert:

„Ein rechnergestütztes Leitungsinformationssystem (RLIS) ist ein Informationssystem für die Leitung, in dem ein Teil der In-

formationsverarbeitungsprozesse durch einen Computer bearbeitet werden oder durch ihn unterstützt ablaufen. ...

Die Elemente eines RLIS sind die Informationen, Verarbeitungsmethoden, Informationsträger, Informationskanäle, Informationstechnik und der das System organisierende Mensch. Die Informationen ergeben sich aus dem Leistungsprozeß und dem dazugehörenden Leitungsprozeß.“ [4]

Diese Definition für ein RLIS ist aus dem Jahr 1988. Nichtsdestotrotz lassen sich aus ihr die Hauptunterschiede des Herangehens ablesen. Während man in der Mehrzahl der damaligen Entwicklerhochburgen davon ausging, dass man auch die Leitungs- und Verwaltungsprozesse der Hochschulen vollständig automatisieren kann, gab es an der Humboldt-Universität daran von Beginn an Zweifel. Beginnend mit der Übernahme der Führung des Rechenzentrums der Universität durch Professor Bodo Wenzlaff wurden intensive Bemühungen zur Entwicklung eines „Datenauswertungs- und Verwaltungssystems (DAVS)“ initiiert. Auf der Basis der einschlägigen Datenbanktechnik sollten die Daten von automatisierten Verarbeitungssystemen, die die Abwicklung von Routineaufgaben unterstützen, die Grundlage für qualifizierte Auswertungen im Sinne der Verknüpfung von Daten bilden. Damit begann 1972 ein langer, aber nicht nur erfolgreicher Prozess.

3 Entwicklungsphasen von AIV-Anwendungen

„Anwendungen der automatisierten Informationsverarbeitung“ (AIV-Anwendungen) war Anfang der 1980er Jahre ein gängiger, aber nicht an der Humboldt-Universität geprägter Begriff, der jedoch den konkurrierenden Ansatz besonders kennzeichnet. Auf der Grundlage einer detaillierten Analyse sollten Arbeitsprozesse der Verwaltung und der Leitung einer Hochschule automatisiert werden. Innerhalb des Ministeriums für Hoch- und Fachschulwesen der DDR wurde der Arbeitskreis LIS (Leitungs- und Informationssystem) gegründet, der seine Hauptziele in der Organisation der Zusammenarbeit der Rechenzentren auf dem Gebiet der Entwicklung von Anwendungen zur Unterstützung der Leitung der Hochschule sah. Innerhalb des Arbeitskreises erfolgten Abstimmungen zur grundsätzlichen Strategie des Einsatzes der Datenverarbeitung und eine Aufgabenteilung hinsichtlich einer gemeinschaftlichen Entwicklung von LIS-Projekten. (Ein LIS-Projekt entsprach einer Anwendungslösung zur Unterstützung eines ausgewählten Verwaltungsprozesses, z. B. für die Arbeitskräftestatistik.) Franz Stuchlik, der viele Jahre die Leitung des Arbeitskreises innehatte, formulierte in seinem Beitrag auf der Konferenz „Informatik in der DDR“ im Jahr 2004 in Chemnitz:

„Dieses Denken in Systemen bildete auch eine Basis des interdisziplinären Arbeitskreises ‚Leitungs- und Informationssystem des Hoch- und Fachschulwesens‘, abgekürzt LIS. Er wurde bereits Mitte der sechziger Jahre gegründet und bestand vorwiegend aus engagierten Vertretern verschiedener Bildungseinrichtungen, die sich einen progressiven und fundierten Computereinsatz für das Management im höheren Bildungswesen auf ihre Fahne geschrieben hatten. Über Jahrzehnte hinweg oblag ihm die Koordinierung, Unterstützung und Umsetzung von Aktivitäten zur Begründung, Modellierung, Implementierung und Einführung eines verteilten computerbasierten Management-Informationssystems (MIS) für das Hoch- und Fachschulwesen.“ [5]

Dieser im Prinzip positiv zu wertende Ansatz des Arbeitskreises, der im Wesentlichen unter der Führung des Rechenzentrums der Universität Magdeburg stand, fand de facto 1983 (formal 1986) sein Ende, weil der Arbeitskreis mit der Gründung des Zentralinstituts für Hochschulbildung aufgelöst wurde. Die Humboldt-Universität war Mitglied des Arbeitskreises, konnte sich dort mit ihrem Systemansatz jedoch nicht durchsetzen. Zum einen stand zwar die Beschreibung des angestrebten Systems der Humboldt-Universität allen zur Verfügung, es gab jedoch kein wirklich nachnutzbares System, sodass sich die übrigen Mitglieder des Arbeitskreises deutlich mehr auf die Entwicklung einzelner Projekte fokussierten und sich die Humboldt-Universität mehr oder weniger isolierte. Zum anderen widersprach der durch den Arbeitskreis verfolgte sehr systemtechnische Weg den Basisgedanken der „Vordenker“ an der Humboldt-Universität. Die so entstandenen Reibungspunkte wirkten sich sicherlich hemmend für die Gesamtentwicklung auf diesem Gebiet in der DDR aus. Im Unterschied zu den sonst üblichen dirigistischen Mechanismen war ein solcher Arbeitskreis, der auf der Basis der Selbstorganisation funktionieren sollte, höchst ungewöhnlich.

Nichtsdestotrotz wurde eine beachtliche Zahl von AIV-Anwendungen geschaffen, von denen einige auch eine Nachnutzung an der Humboldt-Universität fanden. Im Rahmen einer Mitarbeitervollversammlung aus Anlass des 20-jährigen Bestehens des Rechenzentrums konnte dann auch festgehalten werden:

„Begonnen auf dem R 300 und fortgesetzt auf unseren ESER-Anlagen wurden in den vergangenen Jahren rund 25 EDV-Anwendungssysteme eingeführt und gelangen regelmäßig zur Abarbeitung. Dabei hält sich die Zahl der selbst erarbeiteten mit der Zahl der von anderen Hochschulen übernommenen die Waage. Als wenige Beispiele seien angeführt: Studentenstatistik, Stipendium, Fernstudiengebühren, Forderungsüberwachung, Arbeits-

kräftestatistik, Arbeitskräftestellenplan aus unserem ORZ und Haushaltsplanung und -rechnung, Grundmittelrechnung und Personalwesen aus anderen Hochschulen.“ [6]

Stuchlik weist weiter darauf hin, dass nahezu zeitgleich mit der Bildung des LIS-Arbeitskreises im MHF der DDR in der Bundesrepublik Deutschland die Hochschulinformationssystem GmbH (HIS) gegründet wurde. Die HIS ist eine vom Bund und den Ländern getragene GmbH, deren Aufgabe unter anderem die Entwicklung von EDV-Anwendungen zur Unterstützung von Verwaltungsprozessen an Hochschulen war und ist. [5] Während die HIS GmbH jedoch eine Gesellschaft mit dem Bund und den Ländern als Gesellschaftern darstellt und somit auf einem festen Budget bauen kann, waren die Voraussetzungen zur Systementwicklung im Osten nicht vergleichbar.

Wolfgang Schiementz schätzt in seiner Dissertation B im Juli 1988 dann auch ein:

„Der Einsatz von EDVA zur Unterstützung der Leitung und Verwaltung im MHF-Bereich hat eine langjährige, bis in die 60er Jahre zurückreichende Tradition. Damit verbunden ist neben einer Vielzahl positiver Elemente (großer Erfahrungsschatz) natürlich auch, daß alle Entwicklungsschritte zu durchlaufen, die „Kinderkrankheiten“ der Rechentechnik und ihrer Nutzung zu überstehen waren. Überzogene Vorstellungen – im Sinne einer schnellen umfassenden Automatisierung aller dafür geeigneten Arbeitsprozesse der Leitung an den Universitäten und Hochschulen mußten korrigiert und die Ziele den tatsächlichen Gegebenheiten angepaßt werden.

Differenzen zwischen den Strategien

- der Vertreter der zu einem gegebenen Zeitpunkt installierten oder in Entwicklung befindlichen rechnerunterstützten Lösungen einerseits sowie
- der Verfechter neuer prozeßseitiger Erfordernisse und informationstechnologischen Möglichkeiten andererseits

waren (und sind) im Vorwärtsschreiten zu überwinden.“ [7]

4 Gründung des Zentralinstituts für Hochschulbildung

Es ist nicht das Ziel des Beitrages, den gesellschaftlichen Rahmen für die Gründung des Zentralinstituts für Hochschulbildung (ZHB) zu ergründen, sondern lediglich die Rolle des Instituts für die weitere Entwicklung der IT-Anwendungen im MHF-Bereich der DDR. Die für eine Dissertation schon

erstaunlich offene Bewertung des erreichten Standes auf dem Gebiet der Leitungsinformationssysteme spiegelt die Situation Anfang der 80er Jahre wider. Die an unterschiedlichen Orten entwickelten LIS-Projekte erfüllten nicht den allgemeinen Erwartungswert des Ministeriums und in vielen Fällen auch nicht den der breiten Masse der Hochschulen. Sie litten vor allem unter einer fehlenden Abstimmung im Detail und damit unter einer zu geringen Integrationskraft in ein Gesamtsystem. Das Zusammenwirken der entwickelten Systeme war nicht im ausreichenden Maße gegeben und sollte deshalb eine Änderung erfahren.

Aber auch in dieser Phase der Veränderung konnte sich nicht etwa der in der Humboldt-Universität vertretene Ansatz durchsetzen, sondern eine deutlich mehr systemtechnisch ausgerichtete Herangehensweise, wie sie von Wolfgang Belke aus der TU Dresden verfolgt wurde.

Für diese Entscheidung gab es mindestens zwei Gründe. Zum einen zeigte eine kritische Analyse der in der 70er Jahren erreichten Ergebnisse an der Humboldt-Universität zweifelsfrei auf, dass das konzipierte Datenauswertungs- und Verwaltungssystem, das angedachte Kernstück einer nutzerzentrierten Systementwicklung, eine gewisse Produktreife nie erlangt hat. Die Hauptursache dafür lag sowohl im nicht optimalen Projektmanagement als auch in teilweise fehlenden finanziellen und personellen Ressourcen. Zum anderen war die Ablösung von Bodo Wenzlaff als Direktor des ORZ der Humboldt-Universität 1982 kein gutes Vorzeichen für die Übernahme einer „Vormachtstellung“ innerhalb des MHF-Bereiches.

Die „neue“ Linie, vertreten durch das ZHB, findet man am besten zusammengefasst in einer mit „Nur für den Dienstgebrauch“ gekennzeichneten Schrift von Belke und Schiementz überschrieben mit „Zu konzeptionellen und methodischen Grundlagen der Strategie des MHF bei der AIV-Anwendung in der Leitung“.

„Durch den Minister für Hoch- und Fachschulwesen wurden Grundsätze für neue leitungsorganisatorische Regelungen auf dem hier interessierenden Gebiet bestätigt, die u. a. festlegen

- die Gesamtverantwortung des Staatssekretärs im MHF für die AIV-Anwendung in der Leitung sowie der Stellvertreter des Ministers für bestimmte Teilbereiche entsprechend ihrer sachlichen Zuständigkeit,
- die Übernahme der Funktion einer sachgebietsorientierten Leiteinrichtung für die AIV-Anwendung in der Leitung durch das Zentralinstitut für Hochschulbildung (ZHB) mit Aufgaben der wissenschaftlich-konzeptionellen Arbeit und Koordinierung,

- die Bildung einer zentralen Arbeitsgruppe (ZAG), die die Tätigkeit des am 31.3.1986 aufgelösten Arbeitskreises „Leistungs- und Informationssystem“ (LIS) des MHF mit präziser Zielstellung entsprechend den neuen Anforderungen fortführt,
- die Wahrnehmung von Aufgaben als sachgebietsorientierte Koordinierungseinrichtungen mit inhaltlicher und technologischer Verantwortung durch
 - die Technische Hochschule“ Otto von Guericke“, Magdeburg, für die AIV-Anwendung in der Leitung der Erziehung, Aus- und Weiterbildung,
 - die Humboldt-Universität zu Berlin für die AIV-Anwendung in der Leitung der Forschung,
 - die Hochschule für Ökonomie“ Bruno Leuschner“, Berlin, für die AIV-Anwendung in der Leitung der Kader- und Arbeitskräfteentwicklung,
 - die Martin Luther Universität Halle-Wittenberg für die AIV-Anwendung in der Leitung ökonomischer Prozesse,
 - die Technische Hochschule „Carl Schorlemmer“, Leuna-Merseburg, für die komplexe Anwendung der AIV in der Leitung der Hochschule.“ [8]

Mit der Übernahme der Regie durch das Zentralinstitut für Hochschulbildung kam es zu einer für die DDR sicher typischen dirigistischen Herangehensweise, die durch zentrale Weisungen bestimmt war. Das beginnt mit dem Versuch der Schaffung einer einheitlichen Begrifflichkeit [9] und den Vorgaben für die Gestaltung von Anforderungsanalysen [10], geht weiter mit einer Analyse- und Beschreibungsmethodik [11] und mündet schließlich in sogenannten ausgewählten Grundlagen der Softwaremethodik [12].

Der Einfluss der Humboldt-Universität auf die Gestaltung dieses Herangehens kann man sicher als begrenzt bezeichnen, aber doch deutlich höher als in den Jahren zuvor. Wolfgang Belke, der die Leitung dieses Bereiches im Zentralinstitut für Hochschulbildung innehatte, war durch seine Wurzeln aus der TU Dresden systemtechnisch geprägt und machte diese Grundeinstellung auch zum Leitmotiv der Arbeit. Anders sein Hauptmitstreiter, Wolfgang Schiemetz, der seine Dissertation B beim „Wissenschaftlichen Rat“ der Humboldt-Universität eingereichte und somit stark den Einflüssen durch die Theorien der Sektion Wissenschaftstheorie und Organisation der Humboldt-Universität unterlag. Klaus Fuchs-Kittowski fungierte für die Arbeit als dritte Gutachter. Aus der Sicht des ORZ der Humboldt-Universität verbesserte sich die Einflussnahme zum einen durch die Mitwirkung in der im Zitat von Belke er-

wählten zentralen Arbeitsgruppe als auch durch die Entwicklungsverantwortung für das Sachgebiet „Leitung von Forschungsprozessen“.

Aus heutiger Sicht lässt sich insgesamt Folgendes einschätzen:

- Durch die Arbeiten des ZHB im Zusammengehen mit den Hochschulen kann man eine (zeitgemäße) höhere Wissenschaftlichkeit insbesondere durch den Versuch einer theoretischen Untermauerung der Projektvorhaben feststellen, wodurch die internationale Sichtbarkeit der Arbeiten aus der DDR einen anderen Stellenwert bekam. Zweifelsfrei ergibt sich aus der Analyse der Literaturreferenzen ein starker bundesdeutscher Einfluss bei der Beschreibung des methodischen Herangehens.
- Der durch das ZHB eingeschlagene Weg hätte aus methodischer Sicht Aussicht auf eine erfolgreiche Umsetzung gehabt. Problematisch muss man bewerten, dass es dem Zentralinstitut an unmittelbarer Entwicklerkompetenz mangelte, sodass zum einen die Projektvorgaben theoretischer Natur blieben und einer Überprüfung in der Praxis nur bedingt standhielten und zum anderen keine unmittelbare Weisungsbefugnis gegenüber den Mitglieder dieser ZAG, also den Entwicklerabteilungen in den Hochschulen, vorhanden war.
- Als das mit Sicherheit größte Handicap muss man das gemessen am Weltmaßstab geringe Niveau der einsetzbaren Rechentechnik und ihre fehlende flächendeckende Verfügbarkeit konstatieren. Insbesondere Mitte der 80er Jahre setzte sich auch in der DDR die Tendenz des teilweise dezentralen Einsatzes von Computertechnik durch. Aufgrund des vorhandenen Mangels konnten solche Ideen jedoch nicht adäquat umgesetzt werden. Erschwerend, aber nicht ausschlaggebend, kam ein Missverhältnis zwischen den anzusetzenden Investitionskosten für die Beschaffung von Arbeitsplatzcomputern und den möglicherweise einzusparenden Personalkosten hinzu. Dem durchschnittlichen Monatsverdienst eines Verwaltungsmitarbeiters von 600 bis 800 DDR-Mark standen Anschaffungskosten von 30.000 bis 60.000 DDR-Mark für einen Bürocomputer gegenüber, was eine Kosten- und Leistungsrechnung absurd werden ließ.

5 RLIS an der Humboldt-Universität in den 80er Jahren

Am 30. Juli 1984 wurde in der Leitungssitzung des 1. Prorektors der Humboldt-Universität die „Konzeption zum Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung zur Unterstützung der Prozesse der Leitung und Planung an der Humboldt-Universität“ beraten und beschlossen. In dieser Konzeption [13] ist zu lesen:

„Ziel ist es, den erreichten Stand des Einsatzes der elektronischen Rechentechnik zur Unterstützung der Prozesse der Leitung und Planung zu dokumentieren und die Grundlinien des künftigen EDV-Einsatzes in diesem Bereich abzustecken. Mit dem fortschreitenden Stand der Technik sind die Abläufe heutiger Leitungsinformationssysteme immer mehr durch eine enge Verflechtung von automatisierten und nichtautomatisierten Teilsystemen gekennzeichnet. Ein entscheidender Faktor zur Erhöhung der Effektivität der gesamten Leitungsarbeit auf der Grundlage eines rationellen EDV-Einsatzes ist die Integration der automatisierten Teilprozesse in das Gesamtsystem. Dabei geht es um die sinnvolle Funktionsteilung zwischen Mensch und EDVA und den abgestimmten Einsatz von Rationalisierungsmitteln neben der EDV.“

Zur angestrebten Struktur des RLIS wurde folgendes festgelegt:

„Unter Berücksichtigung der spezifischen Eigenschaften der Prozesse der Leitung und Planung hinsichtlich ihrer Automatisierbarkeit hat sich international wie national der Aufbau von RLIS in drei Schichten bewährt:

1. Das Abrechnungs-, Berichts- und Kontrollsystem
2. Das Auskunftssystem
3. Das Planungs- und Entscheidungsunterstützungssystem

Informationelle Grundlage für diese drei Schichten des RLIS der HUB bildet eine nach inhaltlichen Kriterien gegliederte sachgebietsorientierte Datenbasis.“

Ausgehend von dieser Grundausrichtung findet man im weiteren Verlauf der Konzeption die angedachten Entwicklungsarbeiten für die einzelnen Sachgebiete detailliert beschrieben, die personellen Aufwendungen formuliert unter teilweisen Einschluss von Studenten für Programmierarbeiten und eine Abschätzung zu den sachlichen Aufwendungen verbunden mit einer zeitliche Einordnung der Beschaffungen. Während die LIS-Projekte die Grundlage des erwähnten Abrechnungs-, Berichts- und Kontrollsystems darstellten, wurde die Etablierung einer Informationszentrale als zentrales Element der zweiten Ebene, des Auskunftssystems, betrachtet. Dazu heißt es im selben Papier:

„Grundlage der angestrebten Auswertungen bilden die Daten des Kontroll- und Abrechnungssystems. Alle diese Daten unterliegen innerhalb ihrer Projekte speziellen Pflege- und Wartungsmaßnahmen. Der Datenbestand weist eine große Komplexität

auf. Daraus ergibt sich, daß neben den ursprünglich projektierten eine große Anzahl weiterer Auswertungen möglich sind und meist früher oder später durch den Nutzer des Datenbestandes auch gewünscht werden. Es werden allein auf dem Sektor Planung und Leitung circa 15 EDV Projekte und rund 25 Dateien mit jeweils 10 bis 60 Merkmalen und 500 bis 60.000 logischen Sätzen im Dauerbetrieb bearbeitet. Mit der allgemein üblichen konventionellen Technologie ist es nicht möglich, bei akzeptablem Zeit- und Programmieraufwand nichtschematische Datenverarbeitungsaufgaben zu bearbeiten. Durch die ins Leben gerufene Gruppeinformatikzentrale (IZ) wurde die Lösung solcher Aufgaben angestrebt.“

Ausführungen zur Gestaltung des Planungs- und Entscheidungsunterstützungssystems sind in der Konzeption nur in vagen Andeutungen zu finden. Im Wesentlichen gehen sie auf den Ausbau der Leistungen der Informationszentrale zurück und unterstellen ein Informationssystem, das zentrale, dezentrale und verteilte Komponenten beinhaltet.

Aus heutiger Sicht entsprach das Konzept der Humboldt-Universität in seiner Ausrichtung vergleichbaren internationalen Ansätzen. Deutlich unterentwickelt war die Verfügbarkeit moderner Computertechnik. So kann man einem Vortrag anlässlich einer gemeinsamen Tagung von Hochschulvertretern aus den RGW-Mitgliedsstaaten vom April 1989 entnehmen, dass neben der zentralen Hardware ein ES 1056 mit etwa zehn angeschlossenen Terminals für die Verwaltung, lediglich 20 PCs in der zentralen Universitätsverwaltung und zehn PCs in den Verwaltungen der Sektionen zur Verfügung standen. Wesentlich besser aufgestellt und dadurch den einen oder anderen Mangel, der durch fehlende Technik verursacht wurde, kompensierend, war die allgemeine Informationsorganisation. Neben den EDV-Spezialisten und Systementwicklern im ORZ gab es in nahezu allen Bereichen der Verwaltung sogenannte Datenadministratoren, die unter Anleitung des ORZ das Management der Basisanwendungen der einzelnen Verwaltungsbereiche organisierten. Eine überschaubare Tätigkeitsabgrenzung beim Informationsmanagement in analytisch-konzeptionelle, koordinierende, administrative und anleitende Aufgaben erleichterte die entsprechende Verantwortungsübernahme durch die Direktorate (vergleichbar den heutigen Verwaltungsabteilungen) der Universität. Der Ausbau des universitätsweiten Systems stand unter der Leitung des 1. Prorektors und entsprach somit zumindest in diesem Punkt den Vorgaben des Zentralinstituts für Hochschulbildung bzw. des Ministeriums, in dem das Prinzip des jeweils ersten Leiters propagiert wurde.

Die Belastbarkeit des Grundkonzeptes zeigte sich für die Humboldt-Universität nach der Wende 1989, als man in den Folgejahren im Wesentli-

chen die Basisanwendungen durch Komponenten der HIS GmbH auszutauschen hatte. In der ersten DV-Konzeption für die Verwaltung 1993 lässt sich dann auch nachlesen:

„Die DV-Unterstützung der vergangenen Jahre war vor allem geprägt durch:

- die Ablösung bestehender Stapelverarbeitungssysteme durch dialogorientierte Unix-Anwendungssysteme,
- die Schaffung bzw. Einführung neuer PC-Anwendungssysteme und
- die Installation lokaler Netze

mit der Zielrichtung der Rationalisierung einzelner vor allem die Basisdaten der Universität betreffender Arbeitsprozesse, wie z. B. Bearbeitung von Personal- Haushalts- oder Studentendaten.“ [14]

6 Resümee

Im Vergleich mit anderen Schwerpunkten auf dem Gebiet der Informatik war der Einsatz der Informationstechnologie zur Unterstützung von Leitung und Planung als Gegenstand der Forschung in der DDR nicht sonderlich ausgeprägt. Im Bereich des MHF beschäftigten sich lediglich die Universität Magdeburg, die Humboldt-Universität zu Berlin und das 1983 gegründete Zentralinstitut für Hochschulbildung mit dieser Problematik. Die dabei entwickelten Ansätze waren in keiner Weise einheitlich, sondern unterschieden sich deutlich insbesondere hinsichtlich der Einschätzung der Automatisierbarkeit von Leitungsprozessen und der Einbeziehung der Nutzer in die Systemgestaltung. Während man sich in der westlichen Welt mit Begriffen wie *Management-Informationssysteme (MIS)* oder *Decision-Support-Systems* beschäftigte, herrschten in der DDR die Begriffe *AIV-Anwendungen* (Automatisierte Informationsverarbeitungsanwendungen) bzw. *rechnergestützte Leitungsinformationssysteme* vor.

Vergleichbar mit den sachgebietsorientierten Systemen der HIS-GmbH Hannover gab es auch in der DDR allerdings arbeitsteilig zwischen den Hochschulen entwickelte AIV-Anwendungen, die durch die überwiegende Zahl der Hochschulen im Rahmen der jeweiligen technischen Möglichkeiten eine Nachnutzung fanden. Die Koordinierung dieser Aktivitäten erfolgte zunächst durch den Mitte der 60er Jahre gebildeten Arbeitskreis „Leitungsinformationssystem“ (LIS), ein mehr oder weniger freiwilliges Zusammenwirken der Rechenzentren von interessierten Hochschulen, und später durch einen gesondert geschaffenen Bereich innerhalb des 1983 gegründeten Zentralinstitut für

Hochschulbildung des MHF. Spätestens mit dem Wirken des Zentralinstituts wurden die Hochschulen dann auch zur Einführung bestimmter AIV-Anwendungen durch eine entsprechende Weisung des Ministers verpflichtet.

Trotz aller Bemühungen der beteiligten Hochschulen und der Entwicklergruppen in ihren Rechenzentren litten die AIV-Anwendungen in ihrer informationstechnologischen Qualität und dem erzielbaren Effizienzgewinn doch erheblich unter den vorherrschenden Bedingungen in der DDR. Das betraf zum einen die Qualität und Stabilität der einsetzbaren zentralen Hardware und zum anderen später die Verfügbarkeit dezentral einsetzbarer Arbeitsplatzrechner. Als in gleicher Weise hinderlich für die Gestaltung nach internationalem Maßstab zeitgemäßer Lösungen muss man das Niveau der benutzbaren Basissoftware empfinden, wobei hier insbesondere die Defizite an flexiblen Datenbanksystemen anzuführen sind.

Im Vergleich dazu gut entwickelt waren aufgrund des hohen Personaleinsatzes und des dirigistischen Herangehens des Ministeriums die Orgware, also das Projekteinführungs- und Betreuungsmanagement. Die dabei erworbenen Kenntnisse bei der detaillierten Durchdringung der Softwaresysteme stellten eine gute Voraussetzung für die Einführung moderner Anwendungen unmittelbar nach der politischen Wende dar und gaben so die Möglichkeit, den Rückstand auf diesem Gebiet zu Hochschulen aus den alten Bundesländern rasant schnell aufzuholen.

7 Literatur und Internetquellen

- [1] NAUMANN, F. & SCHADE, G. (Hrsg.) (2006): Informatik in der DDR – eine Bilanz. *Tagungsband zu den Symposien Oktober 2004 in Chemnitz und Mai 2006 in Erfurt*, Bonn: Köllen Druck+Verlag, ISBN 978-3-88579-420-2.
- [2] SCHWARZE, G. (1994): Die Geschichte des Rechenzentrums der Humboldt-Universität zu Berlin im Kontext der Entwicklung von Rechentechnik und Informatik. *RZ-Mitteilungen* (8), S. 44-47, http://edoc.hu-berlin.de/e_rzm/8/schwarze-gunter-1994-10-01/PDF/14.pdf.
- [3] WENZLAFF, B., (2002): Zwischen den Stühlen in Ost und West – eine Lebensgeschichte. *unveröffentlicht*.
- [4] SCHIRMBACHER, P. (1988): Die Struktur und Grundsätze der Gestaltung von rechnergestützten Leitungsinformationssystemen an Universitäten und Hochschulen. *Dissertation A, Gesellschaftswissenschaftliche Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin*, S. 41-42.

- [5] STUCHLIK, F. (2006): Zur Entwicklung der Informatik im Hoch- und Fachschulwesen der DDR. In: Naumann, F. & Schade, G. (Hrsg.), *Informatik in der DDR, Tagungsband zu den Symposien Oktober 2004 in Chemnitz und Mai 2006 in Erfurt*, Bonn: Köllen Druck+Verlag
- [6] SCHIRMBACHER, P. (1984): Die Arbeiten des ORZ bei der Entwicklung von EDV-Anwendungen für Leitungsprozesse im Hochschulwesen. *unveröffentlichte Rede zu 20 Jahren ORZ, 02.10.1984*.
- [7] SCHIEMENTZ, W. (1988): Anforderungsanalyse für die Anwendung der automatisierten Informationsverarbeitung zur Unterstützung von Leitungsprozessen im Bereich des Ministeriums für Hoch- und Fachschulwesen. *Dissertation B, Berlin*.
- [8] BELKE, W. & SCHIEMENTZ, W. (1987): Zu konzeptionellen und methodischen Grundlagen der Strategie des MHF bei der AIV-Anwendung in der Leitung. *Berichte und Informationen zur Hochschulentwicklung, Zentralinstitut für Hochschulbildung, Berlin, S. 5*.
- [9] BELKE, W. & SCHIEMENTZ, W. (1987): Begriffliche Grundlagen auf dem Gebiet der AIV-Anwendung in der Leitung, *Berichte und Informationen zur Hochschulentwicklung, Zentralinstitut für Hochschulbildung, Berlin*.
- [10] SCHIEMENTZ, W. (1988): Anforderungsanalyse für die Anwendung der automatisierten Informationsverarbeitung zur Unterstützung von Leitungsprozessen im Bereich des Ministeriums für Hoch- und Fachschulwesen, *Berichte und Informationen zur Hochschulentwicklung, Zentralinstitut für Hochschulbildung, Berlin*.
- [11] BELKE, W.; JACKISCH, U. & WINTER, E. (1988): Analyse- und Beschreibungsmethodik für die AIV-Anwendung in der Leitung, *Berichte und Informationen zur Hochschulentwicklung, Zentralinstitut für Hochschulbildung, Berlin*.
- [12] BELKE, W.; SCHIEMENTZ, W. & WINTER, E. (1987): Ausgewählte Grundlagen der Softwaremethodik für die AIV-Anwendung in der Leitung im MHF, *Berichte und Informationen zur Hochschulentwicklung, Zentralinstitut für Hochschulbildung, Berlin*.
- [13] Vorlage zur Leitungssitzung des Projektors der Humboldt-Universität zu Berlin vom 30. Juli 1984, *Konzeption zum Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung zur Unterstützung der Prozesse der Leitung und Planung an der Humboldt-Universität. Berlin, 1984, unveröffentlicht*.
- [14] *Konzeption zum DV-Einsatz in der zentralen Universitätsverwaltung. Berlin, 1993, unveröffentlicht*.

Vom Prozessleitsystem „audatec“ zum „Virtual Automation Network“

PETER NEUMANN

peter.neumann@ifak.eu

Mit der Verfügbarkeit von Mikroprozessoren seit den frühen siebziger Jahren wurde eine Periode eingeläutet, in der eine ungeahnte Breite von rechentechnischen Lösungen für die unterschiedlichsten Anwendungsgebiete entstand. Dadurch entwickelte sich ein hoher Bedarf an Kommunikationslösungen für die logisch verbundenen, aber geräte-technisch verteilten Anwendungsfunktionen, welche als Software ausgeführt werden. Im vorliegenden Beitrag wurde der Einfluss auf Automatisierungssysteme dargestellt, wobei insbesondere das Spezialgebiet Industrielle Kommunikation beleuchtet wurde, das sich durch hohe Dienstgüteforderungen auszeichnet.

1 Einführung

Die Informatik hat in den vergangenen 50 Jahren erheblichen Einfluss auf alle Bereiche der Gesellschaft genommen. Das gilt auch für die Automatisierungstechnik, die selbst wiederum erheblichen Einfluss auf die Effizienzsteigerung in der Wirtschaft und die Erleichterung von Arbeitsprozessen in Produktion und Verwaltung hatte. Mit zunehmender Rechenleistung der Prozessoren und Speichervolumina sowie durch die Entwicklung formaler Beschreibungsmethoden informationeller Prozesse wuchs der Anteil der Informatik am Lösungsvorrat der Automatisierungstechnik erheblich. Der vorliegende Beitrag zeigt diesen Einfluss auf ein Teilgebiet der Automatisierungstechnik – der Industriellen Kommunikationssysteme – auf.

In den sechziger und siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts war die Rechenleistung in Prozessrechnern konzentriert. In den siebziger Jahren entstand die Grundidee, die Rechenleistung eines Automatisierungssystems auf mehrere im Verbund betriebene Stationen (Prozessstationen/Basisstationen für die Messwerterfassung, -Verarbeitung und -Ausgabe; Bedienstationen für die Mensch-/Anlagenkommunikation), welche mittels digitaler Kommunikationssysteme verknüpft sind, aufzuteilen. Dieses Prinzip ist noch heute gültig, nur dass der Grad der Verteilung drastisch gestiegen ist, ermöglicht durch rechenleistungsstarke Geräte und ein breites Spektrum an industriellen Kommunikationssystemen. Heute werden Mehrebenen-Rechnerhierarchien eingesetzt, verknüpft mittels industrieller und Bürokommunikationssysteme. Sie ermögli-

chen eine Datendurchlässigkeit zwischen den Hierarchieebenen. Der aktuelle Stand der verteilten Automatisierungssysteme lässt sich wie folgt charakterisieren:

- Durchgängige digitale Kommunikation vom Sensor/Aktor bis zur Managementebene (lokaler Bereich eines Unternehmens)
- Proprietäre Lösungen der Nutzung von Weitverkehrskommunikation für geographisch verteilte Automatisierungssysteme eines Unternehmens oder Unternehmensverbundes.

Die aktuelle Forschung konzentriert sich auf virtuelle Automatisierungsnetze (Virtual Automation Networks) unter Nutzung von heterogenen Weitverkehrsnetzen und (industriellen) standardisierten lokalen Kommunikationssystemen, die sich durch eine namensbasierte Adressierung und hohe Dienstgüten auszeichnen. Zusammenfassend kann man feststellen, dass in den siebziger Jahren der Grundstein für die verteilte Datenverarbeitung in den Automatisierungsanlagen gelegt wurde und seither die durchgreifende Anwendung der Informatik in der Automatisierungstechnik gelungen ist. Welcher Weg war zurück zu legen?

Getrieben vom Automatisierungsanlagenbau als letztem Glied der Kooperationskette bei Automatisierungsanlagen wurde zwischen 1975 und 1981 unter Führung des GRW Teltow (und unter der Leitung des Autors) die konzeptionelle Phase der Systementwicklung des ersten osteuropäischen Prozessleitsystems „audatec“ durchgeführt, so dass 1980 die Produktentwicklung begonnen und 1985 die Produktion aufgenommen werden konnte.

In den darauf folgenden 10 Jahren wurden – basierend auf den Erfahrungen der audatec-Entwicklung – insbesondere der kommunikationstechnische Teil und die Dimensionierungsmethodik für Prozessleitsysteme – an der TU Magdeburg (wohin der Autor 1981 berufen wurde) wissenschaftlich weiterentwickelt. In einem DDR-weiten Forschungsprojekt (MWT-Förderung) wurden die Grundlagen für Feldbussysteme (industrielle Kommunikationssysteme im Feldbereich mit Echtzeiteigenschaften) unter Mitwirkung der Automatisierungsindustrie und unter Führung der TU Magdeburg gelegt. Der Autor wirkte an der Feldbusspezifikation in der BRD (PROFIBUS) und weltweit (IEC SC 65C – Feldbusnormung) mit und konnte eine leistungsstarke Projektgruppe an der TU Magdeburg aufbauen. Das Feldbussystem PROFIBUS und dessen Erweiterung PROFINET wurde das (auch heute noch) weltweit führende Feldbussystem. Der Autor wurde 1990 als Leiter des Fachausschusses Kommunikationstechnik (verantwortlich für die technischen Spezifikationen) und als Beiratsmitglied der weltweit agierenden PROFIBUS Nutzerorganisation (mit über 3.000 Mitgliedsfirmen weltweit) berufen und leitete in dieser Funktion die technischen Spezifikationsarbeiten bis 2005. 1988 wurde an der TU Magdeburg, Sektion Technische Kybernetik/Automatisierungstechnik, ein Studiengang „Automatisierungstechnik“ mit diversen Studienschwerpunkten (u. a.

Prozessinformatik) eingeführt, in welchem bis in die frühen neunziger Jahre bis zur vereinigungsbedingten Wiedereinstellung mehr als 100 Absolventen eine gute personelle Basis für Forschungseinrichtungen und die (westdeutsche) Automatisierungsindustrie schufen. Als Konsequenz der Forschungserfolge auf diesem Gebiet und der daraus resultierenden Projektakquisition konnte durch den Autor im Jahr 1991 das außeruniversitäre Forschungsinstitut ifak (Institut für Automation und Kommunikation Magdeburg) als An-Institut aus der TU Magdeburg ausgegründet werden. Dieses Institut der angewandten Forschung hat sich als ein führendes Institut der angewandten Forschung in der informatiknahen Automatisierungstechnik am Markt durchgesetzt und (war und) ist an vielen nationalen und internationalen Standardisierungsprojekten auf diesem Gebiet aktiv beteiligt.

Zusammenfassend lässt sich der Beitrag der DDR- Forschung/ostdeutschen Forschung zur Industriellen Kommunikation wie folgt charakterisieren:

a) In der DDR:

- Ableitung der Anforderungen an Feldbussysteme aus dem Kommunikationssystem des Prozessleitsystems audatec [4], [6], [7], [9], [15],
- Theoretische Grundlagen der formalen Beschreibung und Dimensionierung der Datenaustauschprozesse in Prozessleitsystemen [1-4], [5], [8], [10], [11], [12],
- Erarbeitung von Methoden des Protocol Engineerings für Feldbussysteme.

b) Nach der Vereinigung Deutschlands:

- Performanz von industriellen Kommunikationssystemen [11-12], [21],
- formale Spezifikation von Feldbussystemen (insbesondere PROFIBUS und Vorläufervarianten) [14], [22], [32],
- Protocol Engineering [16-19], [20], [29],
- Beiträge zur nationalen und internationalen Standardisierung von Feldbussystemen einschließlich Prototypenentwicklung [23], [24],
- Einführung von Ethernet in die Automatisierungstechnik einschließlich Performanzsicherung [33],[35-42],
- Testmethodiken für Konformitätstests, Interoperabilitätstests und Safety-Tests [26-28], [34],
- Methodik der Spezifikation und Testung von Feldbusprofilen [13], [19], [25].

Der Beitrag erläutert die beim Prozessleitsystem „audatec“ eingeführten Prinzipien der verteilten Echtzeitdatenerfassung und -verarbeitung, die wesentlichen Schritte und Ergebnisse der Forschungsarbeiten zur industriellen Kommunikation und den Einfluss der in der Informatikforschung der DDR erzielten Ergebnisse auf die gesamtdeutsche Wirtschaft in der genannten Disziplin.

2 Anforderungen an digitale Kommunikationssysteme aus Sicht der Prozessleitsystementwicklung

2.1 Vom Prozessrechner zum Prozessleitsystem

Prozessrechner waren echtzeitfähige Computer mit speziellem Echtzeitleitbetriebssystem, die über eine Prozesskopplung (d. h. periphere Geräte) zur Eingabe und Ausgabe von analogen und binären Signalen verfügten. Die Mensch-Maschine-Kommunikation erfolgte über alpha-numerische Bildschirmgeräte und Tastaturen (oder Lichtstiften). Die Anwendungsprogramme waren zumeist in Assemblersprachen geschrieben. Getrieben von der Prozessautomation wurden Prozessleitsysteme entwickelt, die durch spezialisierte rechentechnische Einheiten charakterisiert waren. Der Datenaustausch zwischen diesen rechentechnischen Einheiten (Prozessstationen, Bedienstationen und Engineering-Arbeitsplätzen) erfolgte mittels serieller, digitaler Übertragungssysteme, die unterschiedliche Zugriffsmechanismen der Einheiten auf das gemeinsame Übertragungssystem (Polling, Tokenrotation, zufälliger Zugriff) verwendeten. Es handelte sich um eine funktionelle Trennung von Teilaufgaben der Informationsverarbeitung (IV). Die rechentechnischen Einheiten waren jedoch noch immer im (geschützten) Wartebereich untergebracht. Somit änderte sich an der Verkabelungspraxis für analoge und binäre Signale vorerst nichts. Abbildung 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines solchen Prozessleitsystems.

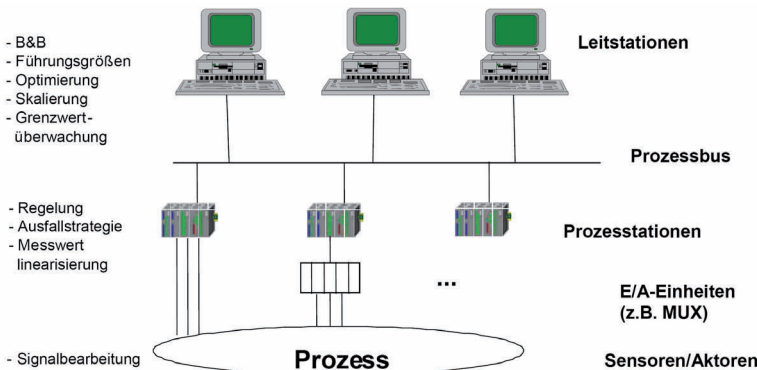


Abbildung 1: Prinzipieller Aufbau eines Prozessleitsystems im Wartebereich

Ein frühes Beispiel war das Prozessleitsystem „TDC 2000“ von Honeywell (1975), später Teleperm M (Siemens) und verschiedene, auf Anwendungsgebiete spezialisierte Prozessleitsysteme von Hartmann & Braun. In der DDR wurde durch den VEB GRW Teltow das Prozessleitsystem audatec entwickelt,

produziert und vielfach eingesetzt. Die Basiseinheiten dienten als Prozessstationen zur dezentralen Messwerterfassung und -verarbeitung. Die Bedienpulte und Wartenrechner dienten der zentralen Informationsverarbeitung. Eine zentrale Datenbahnsteuerstation regelte den Zugriff der Stationen auf das gemeinsame Datenübertragungsmedium (Pollingverfahren).

Die einschlägige Forschung in der DDR befasste sich mit der wissenschaftlich fundierten Auslegung (Dimensionierung) solcher Übertragungssysteme sowie der Verteilung von Anwendungsfunktionen auf die Stationen. Dabei waren acht Doktoranden der TU Magdeburg (davon fünf aus dem VEB GRW Teltow) aktiv beteiligt [1-11].

2.2 Vom Prozessleitsystem zum lokal verteilten Prozessleitsystem (Distributed Control System DCS)

Der nächste Schritt war neben der funktionellen Trennung der Informationsverarbeitungs-Teilaufgaben auch die örtliche Trennung der IV in örtlich abgesetzten rechentechnischen Einheiten (Feldgeräten). Dieser Schritt wurde insbesondere von der Fertigungsautomation (insbesondere von Deutschland aus) getrieben. Kernstück dieser Entwicklung war der Feldbus, ein digitales Datenübertragungssystem zwischen Feldgeräten (zur Messwerterfassung und -verarbeitung) und zentralen Verarbeitungseinheiten (zumeist Speicherprogrammierbare Steuerungen SPS, Bedienstationen und Engineeringstationen). Die damit verbundenen, besonderen Anforderungen ergeben sich wie folgt:

- Echtzeitfähigkeit (Performanz, Synchronisationsfähigkeit, garantierte Antwortzeiten, ...)
- Ausfallsicherheit (Daten-, Hardware- und Software-Redundanz, automatischer Anlauf/Wiederanlauf, ...)
- Funktionelle Sicherheit (Safety)
- Datensicherheit (Security)
- Einsatz-/Umgebungsbedingungen (Einsatz in harschen Umgebungen, Explosionsschutz, diverse geforderte Schutzgrade).

Des Weiteren war darauf zu achten, dass eine sehr hohe Sortimentsvielfalt bei Sensoren und Aktoren existiert, so dass grundsätzlich die Anlagen mit Gerätetechnik von unterschiedlichen Herstellern (sogenannte Multivendoranlagen) projiziert werden müssen. Das setzt folgendes voraus:

- Konformität der Feldbusschnittstellen mit einem gemeinsamen Standard (nachzuweisen durch einen herstellerunabhängigen Konformitätstest)
- Vereinheitlichung von Funktionen der automatisierungstechnischen Anwendung und von zusätzlichen Funktionen zur Effizienzsteigerung (wie Inbetriebnahme, Instandhaltung, Versionshaltung, Bestellwesen usw.) durch Standardisierung von Geräteprofilen

- Interoperabilität der Feldgeräte unterschiedlicher Hersteller mit gleichem Anwendungsprofil untereinander (nachzuweisen durch einen herstellerunabhängigen Interoperabilitätstest).

Abbildung 2 zeigt ein typisches Prozessleitsystem mit Feldbus und Feldgeräten.

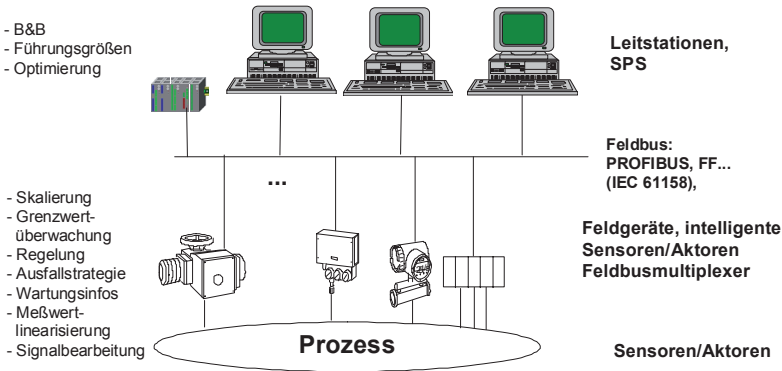


Abbildung 2: Prinzipieller Aufbau eines Prozessleitsystems mit Feldbus und dezentralen Feldgeräten

Dieser Entwicklungsschritt der Leitsysteme vollzog sich insbesondere im Zeitraum zwischen 1990 und 2005.

Seit etwa 10 Jahren richten sich die Bemühungen auf die Nutzung der ETHERNET Technik für die industrielle Kommunikation. Hierbei werden die wirtschaftlichen Vorteile des Ethernets, die auf der weiten Verbreitung in lokalen Netzwerken und im Internet beruhen, für die Entwicklung von industrietauglichen Kommunikationslösungen genutzt, wobei alle o. a. Randbedingungen bei Feldbussystemen zu beachten sind. Der zusätzliche Nutzen besteht in der Durchgängigkeit des Datenzugriffs über alle Hierarchieebenen eines Unternehmens.

Dieser Schritt erforderte – aufbauend auf den Feldbussystemen – folgende zusätzliche Aufwendungen:

- das Protocol Engineering (Spezifikation der Ethernet-Adaptionen und der höheren OSI Schichten) für die auf PROFIBUS aufbauende Lösung PROFINET,
- die Anpassung der Profilspezifikationen für Feldbusgeräte an die Ethernet-basierte Kommunikation,
- die Erweiterung der Testmethodik, Testszenarien und Testsysteme an die Ethernet-basierten Lösungen.

2.3 Vom lokal verteilten zum geographisch verteilten Prozessleitsystem

Im Zuge der Globalisierung wuchsen die Anforderungen an den Informationsaustausch zwischen geographisch verteilten Unternehmenseinheiten. Während durch das Internet inzwischen vielfältige Möglichkeiten der standortübergreifenden Bürokommunikation geschaffen wurden, sind die produzierenden Unternehmenseinheiten (aus datentechnischer Sicht) noch immer weitgehend isoliert voneinander. Das wird begünstigt durch den Inselcharakter der Feldbussysteme, welche eine Ausdehnung von lediglich wenigen Kilometern besitzen und in der Regel auch nicht über geeignete Security-Maßnahmen verfügen, um direkt mit der globalen Datenwelt kommunizieren zu können. Ziel ist die sichere Ende-zu-Ende-Kommunikation (im Sinne der geforderten Dienstgüten) zwischen zwei oder mehreren, geographisch verteilten Automatisierungsfunktionen, ohne die Hoheit über die genutzten, zwischenliegenden Kommunikationssysteme zu besitzen (Abbildung 3). Mit der Einführung Ethernet-basierter Feldbussysteme wird zwar der technische Grundstein gelegt für einen globalen Datendurchgriff. Es fehlen aber wesentliche Lösungen, von denen einige genannt werden sollen:

- **Datensicherheit (Security):** es existiert eine Vielzahl von Security-Lösungen für lokale Netzwerke und das Ethernet. Sie sind jedoch nicht ausreichend für die automatisierungstechnischen Anforderungen, da hierfür mehrheitlich organisatorische Maßnahmen von Bedeutung sind (unberechtigter Zugang, ungeprüfte Werkzeuge der bei Inbetriebnahme und Instandhaltung beteiligten Unternehmen, unternehmensinterne Angriffe durch Frust, Port-Hoheit ...).
- **Die lokalen, automatisierungstechnischen Netzwerke** liegen in der Regel in den Händen der Automatisierungsabteilungen eines Unternehmens. Die Bürokommunikationsnetzwerke werden von den EDV-Abteilungen verwaltet. Durch gemeinsame Nutzung entstehen Kompetenzprobleme (z. B. bei der Zuordnung von Port-Adressen zu automatisierungstechnischen Netzwerken), welche die Netzwerksicherheit gefährden.
- **Heterogenität der Netzwerke:** Der Automatisierungsingenieur hat keinen Management- Zugang zu öffentlichen oder privaten Weitverkehrsnetzen, d. h. die Einhaltung der vertraglich geforderten Performanz des Datenkanals kann von ihm nicht beeinflusst werden. Also muss er Methoden entwickeln, die ein Monitoring des Weitverkehrsnetzes und dienstgütesichernde Maßnahmen (z. B. Umschaltung auf Alternativkanäle) sicherstellen.
- **Einfache Projektierbarkeit:** für lokal verteilte Kommunikationssysteme wurden Engineeringmethoden und -werkzeuge entwickelt. Es ist sicher zu stellen, dass nicht auch noch das Weitverkehrsnetz zu projektieren

ist (Management liegt beim Provider). Ziel: Anwendung der Projektierungsmethoden der lokalen Netzwerke.

- Die für DCS geltenden Dienstgüteforderungen (Echtzeiteigenschaften, Ausfallsicherheit, Safety, Security) gelten auch für geographisch verteilte DCS.

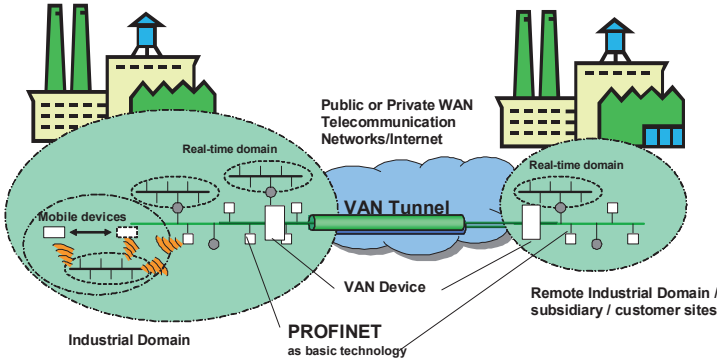


Abbildung 3: Geographisch verteiltes Automatisierungssystem

3 Industrielle Kommunikationssysteme und damit verbundene informatiknahe Themengebiete

3.1 Protocol Engineering

Bei der Standardisierung von Kommunikationssystemen ist eine hohe Qualität der Protokollspezifikationen gefordert, da bekanntlich der Aufwand zur Beseitigung von Fehlern umso größer ist, je später er im Entwicklungsprozess der Produkte auftritt. Ein hilfreicher Weg ist die formalisierte Spezifikation unter Nutzung von standardisierten Spezifikationssprachen. Für die Spezifikationsarbeiten für Feldbussysteme wurden die Sprachen ESTELLE, SDL und UML genutzt. Dazu liefen umfangreiche Forschungsarbeiten an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und am Institut für Automation und Kommunikation Magdeburg (ifak). Die Ergebnisse waren:

- Eindeutige Standards durch Testung der formalen Spezifikationen,
- deutliche Reduzierung der Fehlerquote bei der Produktentwicklung in den Unternehmen,
- wesentlich schnellere Protokollimplementierung,
- Spezifikationserweiterungen/Verbesserungen zu einem späteren Zeitpunkt.

Der Anteil der ostdeutschen Forschung der Feldbusentwicklung betraf

- die (teilweise formale) Spezifikation der Kommunikationsarchitektur für Feldbussysteme, insbesondere das Protocol Engineering für den Marktführer PROFIBUS und dessen Vorläufer im Standardisierungsprozess (national in den Neunzigern, international in den Neunzigern und bis ca. 2005) [19], [22], [25], [29-31]. Die standardisierten Feldbussysteme benutzen jeweils eigene Protokolle für alle Schichten des OSI-Referenzmodells,
- das Protocol Engineering (Spezifikation der Ethernet-Adaptionen und der höheren OSI Schichten) für die auf PROFIBUS aufbauende Lösung PROFINET [30], [31], [37].

3.2 Spezifikation und Standardisierung von Geräteprofilen

Um die Interoperabilität und Austauschbarkeit von Geräten unterschiedlicher Hersteller zu fördern (oder erst zu ermöglichen), erfolgt die Spezifikation von herstellerübergreifend garantierten, automatisierungstechnischen Anwendungsfunktionen in Feldgeräten und SPS in Form von „Profilen“.

Hierfür wurden eine Spezifikationsmethode und formalisierte Gerätebeschreibungssprachen erarbeitet und zahlreiche Profile spezifiziert. Das ist besonders wichtig, um die Effizienz der Inbetriebnahme und Instandhaltung von Feldgeräten zu steigern und das Bestellwesen auf eine einheitliche (und aktuelle) Datenbasis zu stellen. Nebeneffekte waren:

- Methodik der funktionsblock-orientierten Anwendungsprojektierung auf Basis standardisierter (und getesteter) Funktionsblöcke,
- durchgreifende Rationalisierung der Inbetriebnahme und Instandhaltung von Feldgeräten.

Der ostdeutsche Beitrag war

- die Entwicklung der Spezifikationsmethodik [14], [16], [22], [32],
- die internationale Standardisierung der Beschreibungssprache,
- die federführende Spezifikation zahlreicher Profile [13], [19], [25],
- Methodik der Anwendungsprogrammierung [23], [24],
- die Anpassung der Profilspezifikationen für Feldbusgeräte an die Ethernet-basierte Kommunikation.

3.3 Tests von Feldgeräten

Da die feldbusgekoppelten Prozessleitsysteme in der Regel Multivendor-Anlagen sind, die aus Geräten einer Vielzahl unterschiedlicher Hersteller bestehen, sind alle herstellerübergreifenden Lösungen umfangreichen, herstellernerutralen Tests zu unterziehen. Dabei werden folgende Zielgebiete unterschieden:

- Konformitätstest: Test gegen die Protokollspezifikation, also der Konformität der Kommunikationsfunktionen mit der Protokollspezifikation. Der Test erfolgt durch ein Konformitätstestsystem,
- Interoperabilitätstest: Test des Zusammenwirkens der Anwendungsfunktionen von Feldgeräten mit Geräten anderer Hersteller. Der Test ist mehrstufig (Nachweis der Konformität, Nachweis des standardgemäßen Verhaltens der Anwendungsfunktionen, Test in der Multivendoranlage),
- Safety-Test: Test der Sicherheitsfunktionen gegen die Safety-Spezifikation (möglichst formal beschrieben),
- Performanztest: Nachweis der Echtzeitgüte

Für die unterschiedlichen Testgebiete unterhalten die Nutzerorganisationen der verschiedenen Felbussysteme herstellerunabhängige Testzentren, welche regelmäßig zertifiziert werden. Der ostdeutsche Beitrag zum Test von Feldgeräten betrifft

- die Entwicklung von Konformitätstestmethoden und -systemen für PROFIBUS [26-28], [34],
- die Entwicklung von Interoperabilitätstestmethoden und -werkzeugen [13], [19],
- die Erweiterung der Testmethodik, Testszenarien und Testsysteme an die Ethernet-basierten Lösungen,
- Etablierung eines weltweit agierenden Testzentrums.

4 Was heute möglich ist: Virtual Automation Network VAN

4.1 Motivation und Anforderungen

Nachdem die Felbussysteme und die Ethernet-basierten lokalen Netzwerke im Automatisierungsumfeld sowie in der Büroautomation weitgehend etabliert sind, zielen aktuelle Entwicklungen auf die Nutzung heterogener Netzwerke, welche lokale Netzwerke oder Weitverkehrsnetze, leitungsgebundene oder Funknetzwerke, öffentliche oder private, providergestützte oder providerlose Kommunikationsnetze umfassen. Die Anforderungen an heterogene Netzwerke in der Automatisierungstechnik resultieren aus zukünftigen Szenarien

der verteilten Automation, welche örtlich verteilte Automatisierungsfunktionen nutzen [37], [41], [42]:

- Zentralisierte Überwachung und Steuerung (mehrerer) dezentraler (kleiner) technologischer Anlagen (z. B. Bio-Kraftwerke),
- Fernsteuerung, Inbetriebnahme, Parametrierung und Instandhaltung verteilter Automatisierungssysteme,
- Einbeziehung externer Experten oder externer maschinenlesbaren Wissens für den Betrieb und die Instandhaltung (Asset Management, Condition Monitoring).

Bei der Nutzung heterogener Netzwerke in der Automation kommt es darauf an, dass für örtlich weit verteilte Automatisierungsfunktionen die Ende-zu-Ende-Kommunikation vorgegebene Dienstgüten aufweist, welche skalierbar sind und vom Nutzer bestimmt werden können. Das gilt auch für solche Teile der Kommunikationsverbindung, auf welche der Automatisierungstechniker keinen Zugriff hat. Des Weiteren ist sicherzustellen, dass der Automatisierungstechniker mit verteilten Automatisierungsanwendungen arbeiten kann, deren formaler Rahmen (Anwendungsdienstelemente ASE) durch industrielle Standards (z. B. IEC 61158 [30], IEC 61784 [31] für Feldbussysteme) vorgegeben und in Produkten eingeführt ist. D. h. aus der Sicht des Automatisierungstechnikers sollte die Sicht auf ein heterogenes Kommunikationssystem die gleiche sein wie auf ein homogenes Kommunikationssystem der Automatisierung (z. B. PROFINET oder Ethernet IP), welche in der Regel lokal ausgerichtet sind. Also besteht die Aufgabe sicherzustellen, dass die Kommunikationsmechanismen zur Laufzeit in einem heterogenen Netzwerk identisch sind denen der homogenen (lokalen) Automatisierungsnetzwerke. Dazu ist eine Infrastruktur (heterogenes Netzwerk) solchermäßen zu gestalten, dass in einer Aufbauphase die (örtlich verteilte) Ende-zu-Ende-Verbindung zwischen zwei Automatisierungsapplikationen hergestellt wird und der dabei errichtete Tunnel (Runtime-Tunnel) dann zur Laufzeit für den Nutzdatenaustausch genutzt wird. Eine derart gestaltete Infrastruktur soll im Folgenden „Virtuelles Automatisierungsnetzwerk“ (Virtual Automation Network VAN) genannt werden.

Die Aufgabe von VAN ist der erfolgreiche Nutzdatentransport zwischen geographisch entfernten Automatisierungsfunktionen einer Anwendungsdomäne (siehe z. B. o. a. Anwendungsszenarien) mittels eines heterogenen Kommunikationsnetzwerkes. Dazu liegt der Schwerpunkt nicht auf neuen Kommunikationsprotokollen, sondern weitgehend auf vorhandenen Mechanismen der existierenden (überwiegend lokalen) industriellen Kommunikationssysteme und der Weitverkehrsnetze (z. B. Web Services des Internet, funkgestützte öffentliche Kommunikationssysteme). Aus der Sicht der automatisierungstechnischen Applikation bleiben die Spezifika des heterogenen Netzwerkes verborgen. Um diese Zielstellung zu erreichen, sind folgende grundlegende Entwurfsentscheidungen notwendig:

- VAN entspricht einer verborgenen Infrastruktur für LAN-basierte verteilte Konzepte der Industrieautomatisierung (z. B. unter Nutzung von PROFINET) in einer geographisch erweiterten Umgebung. Die produktiven Automatisierungsfunktionen (Applikationen) werden mittels ihrer für industrielle Kommunikationssysteme der IEC Standards 61158 [31] und 61784 [32] standardisierten Objektmodelle formal beschrieben. Die standardisierten Anwendungsdienstelemente (Application Service Elements, ASE) können weiterhin verwendet werden.
- Der Verbindungsaufbau zwischen entfernten Kommunikationsendpunkten (Automatisierungsapplikationen) erfolgt unter Nutzung von Web Services. Ist die Verbindung (Runtime Tunnel) erst einmal hergestellt, können die Nutzdaten zur Laufzeit durch diesen Tunnel in der gleichen Weise ausgetauscht werden, als handelte es sich um eine lokale Kommunikationsverbindung nach IEC 61158/61794 (z. B. PROFINET), vergleichbar mit einer virtuellen Leitung zwischen den verteilten Anwendungsfunktionen.
- In VAN werden Namen zur Adressierung verwendet, um IP- oder Mac-Adressen während des Verbindungsaufbaus zwischen zwei entfernten, logisch verbundenen Automatisierungsapplikationen innerhalb einer Anwendungsdomäne zu vermeiden. Für die verbundenen Applikationsobjekte bedeutet dies, dass diesen die IP- und Mac-Adressen verborgen bleiben. Die Handhabung dieser verborgenen Adressen obliegt der VAN-Infrastruktur.
- Die in der Automatisierungstechnik eingeführten und bewährten Anwendungsschichten des OSI-Referenzmodells (z. B. PROFINET Application Layer) können weiter benutzt werden. Lediglich diejenigen zusätzlichen Anforderungen, die durch den Einsatz funkgestützter Kommunikationssysteme und der Weitverkehrsnetze notwendig werden, führen zu zusätzlichen Funktionen, die den in der IEC-Standardisierung festgelegten Richtlinien folgen.

4.2 Das Konzept

4.2.1 VAN-Domänen

Im VAN-Konzept spielt die VAN-Domäne (VAN Domain) eine zentrale Rolle [35, 36]. Eine VAN Domain umfasst alle Geräte, die zusammen eine logische oder virtuelle Basis bilden für eine komplexe automatisierungstechnische Applikation, unabhängig von deren Zugehörigkeit zu einer geographischen Lokalität. Damit können existierende, lokale industrielle Automationsprojekte zu

einem komplexen, geographisch verteilten Automatisierungsprojekt auf Basis existierender, installierter Geräte verknüpft werden (Abbildung 4).

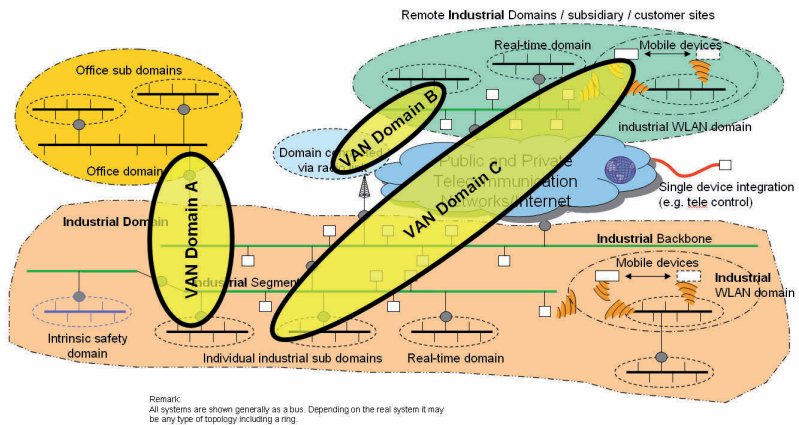


Abbildung 4: VAN-Domänen

Dabei sind der Netzwerktyp und der Ort der installierten Geräte beliebig. Die Geräte einer VAN Domäne tauschen Informationen zu einer gemeinsamen Anwendungssicht aus, ohne den technischen Hintergrund des heterogenen Netzwerkes zu kennen. Die VAN Domäne kann bestehende industrielle Anwendungsdomänen (z. B. instrumentiert mit feldbusverknüpften Feldgeräten) vollständig oder teilweise enthalten. D. h. andererseits, eine industrielle Anwendungsdomäne kann aus Segmenten bestehen, die VAN-fähig sind (VAN-Segment), und solchen, die nicht VAN-fähig sind. Die VAN-fähigen Automatisierungsgeräte (VAN-AD) sind mit anderen gleichartigen Geräten in der VAN-Domain verbunden, da sie über die notwendigen Kommunikationseigenschaften verfügen. Alle anderen Geräte eines Sub-Netzwerkes in einem VAN-Segment einer industriellen Anwendungsdomäne müssen mittels eines Zugangspunktes (VAN-AP: VAN Access Point) oder Stellvertretergeräten (VAN-PD: Proxy Devices) einbezogen werden.

4.2.2 Adressierungskonzept

Eine VAN-Domäne bildet einen Namensraum einer geographisch verteilten Automatisierungsapplikation. Beim Verbindungsaufbau zwischen den logischen Kommunikationsendpunkten (Einrichten des Runtime-Tunnels) und für Managementaufgaben werden zur Adressierung logische Adressen (Namen) verwendet, unabhängig von den verwendeten Übertragungstechniken und deren Adressierungsmechanismen (z. B. IP- und Mac-Adressen) in einem hete-

rogenen Netzwerk. Der Namensraum kann ein öffentlicher oder ein privater (in der Regel ein lokaler) Namensraum sein. Der öffentliche Namensraum kann z. B. in der Internet-Umgebung sichtbar sein. Der private Namensraum beinhaltet Installationen, welche nicht im öffentlichen Namensraum sichtbar sein sollen. Zum Verbindungsaufbau zwischen zwei entfernten Applikationen, d. h. zur Errichtung eines Runtime-Tunnels, wird also eine logische Adressierung mittels Namen benutzt. Ist der Runtime-Tunnel eingerichtet, werden beim Austausch der Produktivdaten die IP- und Mac-Adressen benutzt, welche während des Verbindungsaufbaus ausgehandelt wurden.

4.2.3 Verbindungsaufbau zwischen Kommunikationsendpunkten

Bei der Errichtung und der Erhaltung des Runtime Tunnels, d. h. Ausrichtung der VAN-Infrastruktur auf die Verbindung zweier Kommunikationsendpunkte, vergleichbar mit der Verlegung einer Leitung zwischen zwei Applikationsobjekten, werden Web Services eingesetzt. Im Ergebnis ist der Runtime-Tunnel aktiv. Die Mechanismen des Tunnelaufbaus sollen hier nicht erläutert werden.

Zur Sicherung geforderter Dienstgüten (insbesondere der Ausfallsicherheit bei auftretender Leistungseinschränkung der aktiven heterogenen Netze) wird ein Monitoring dieser Netzwerke eingeführt, welches Auskunft über die momentane Performanz gibt. Das überwachte heterogene Netzwerk wird dabei als Black Box angesehen. Bei signifikanten Einschränkungen werden alternative technische Übertragungssysteme (z. B. von DSL auf GSM), welche natürlich projektiert sein müssen, umgeschaltet. Dabei bleibt der Runtime-Tunnel erhalten. Bei weitergehenden Einschränkungen wird die Route im Netzwerk neu bestimmt. Das bedeutet Unterbrechung und Neuaufbau des Runtime-Tunnels.

Zur Erprobung des VAN-Konzeptes wurde das Runtime-Objektmodell von PROFINET [31, 32] benutzt. Natürlich können auch andere Objektmodelle eingesetzt werden, wenn sie auf dem VAN- Kommunikationsstack basieren. Alle Geräte mit demselben Objektmodell können mittels der VAN-Infrastruktur interagieren. Geräte mit anderen Objektmodellen können über Proxy-Geräte (VAN-PD) angeschlossen werden.

4.2.4 Produktivdatenaustausch

Als Produktivdatenaustausch soll derjenige verstanden werden, wie er im lokalen Bereich eines geographisch verteilten Automatisierungssystems angewendet wird (z. B. auf der Basis von Feldbussystemen). Da hierbei überwiegend verbindungsorientierte Dienste zum Einsatz kommen, können zwei Phasen unterschieden werden:

- Verbindungsaufbau zwischen den Applikationsobjekten selbst unter Nutzung des aktiven Runtime-Tunnels. Der Verbindungsaufbau folgt

den Regeln desjenigen Protokolls, welches den Austausch verteilter Automatisierungsobjekte ermöglicht (z. B. Application Layer eines der industriellen Kommunikationssysteme nach IEC 61158/61784). Deshalb sind die Mechanismen für diese Phase nicht Gegenstand des VAN-Projektes.

- Austausch zyklischer oder azyklischer Daten der verbundenen Applikationen entsprechend den Protokollen der beteiligten Feldbussysteme.

4.2.5 Dienstgüten

Bei der Nutzung industrieller Kommunikationssysteme sind folgende Kategorien der Dienstgüte zu beachten:

- Echtzeitfähigkeit (Performanz, Synchronisationsfähigkeit, garantierte Antwortzeiten, vorhersagbarer Jitter),
- Ausfallsicherheit (Daten-, Hardware- und Software-Redundanz, automatischer Anlauf/Wiederanlauf, Nachrüstbarkeit neuer Funktionen),
- Funktionelle Sicherheit (Safety),
- Datensicherheit (Security).

Die **Echtzeitfähigkeit** wird von den genutzten Übertragungstechniken bestimmt. Typische Anwendungen sind solche ohne strenge Echtzeitanforderungen (non real-time, soft real-time), wie sie bei Fernüberwachung, Telecontrol/Fernwirktechnik, Ferninstandhaltung usw. vorkommen. Für harte (ggf. synchrone) Echtzeitforderungen werden im lokalen Bereich die dafür entwickelten Mechanismen verwendet. Dabei können in einem VAN-Gerät sowohl echtzeitkritische Anwendungen (z. B. Antriebsregelungen) als auch unkritische Anwendungen (z. B. Telecontrol) implementiert sein. Erstere werden dann über ein sogenanntes „Native Interface“, welches über die geforderten Echtzeiteigenschaften verfügt, mit Anwendungsdaten versorgt.

Die **Ausfallsicherheit** wird durch das Monitoring des heterogenen Netzwerkes und davon initiierte VAN-Switching und VAN-Routing-Mechanismen gewährleistet (siehe 4.2.3).

Die **funktionale Sicherheit** wird erreicht durch Anwendung einer zusätzlichen Safety Protokollschicht oberhalb der Anwendungsschicht, wie sie bereits bei den lokalen Lösungen der industriellen Kommunikation zum Einsatz kommen.

Die **Datensicherheit** wird durch bereits in Weitverkehrsnetzen benutzte Security-Mechanismen sowie durch organisatorische Maßnahmen gewährleistet.

4.3 Ostdeutscher Beitrag

Die Idee und das Konzept wurden vom Autor in ein von ihm initiiertes europäisches integriertes Projekt, welches von 2005 bis 2009 bearbeitet wurde, eingebracht und durch ein europäisches Konsortium entwickelt und erprobt. An diesem Konsortium beteiligten sich alle namhaften europäischen Konzerne der Automatisierungstechnik. Die Umsetzung in Produkte steht noch aus. Von ostdeutscher Seite wurden folgende Schwerpunkte bearbeitet:

- Konzept, Systemarchitektur (Protocol Engineering) [35], [36], [38], [40], [42],
- Sicherheit (Safety- und Security-Aspekte),
- Funkgestützte Kommunikation [39],
- Anwendungsbeispiel Telecontrol,
- Engineering-Methoden und –Werkzeuge.

Weitere trendsetzende Arbeiten betreffen:

- Test von funkgestützten industriellen Kommunikationssystemen (insbesondere der Konformitätstest, ein bisher nicht bekanntes Testgebiet, zentrales Labor des ZVEI am ifak),
- Einführung service-orientierter Architekturen (SOA) in die Automatisierungstechnik,
- Konzepte für dezentrale Instandhaltungssysteme.

5 Schlussbemerkungen

Mit der Verfügbarkeit von Mikroprozessoren seit den frühen siebziger Jahren wurde eine Periode eingeläutet, in der eine ungeahnte Breite von rechtechnischen Lösungen für die unterschiedlichsten Anwendungsgebiete entstand. Dadurch entwickelte sich ein hoher Bedarf an Kommunikationslösungen für die logisch verbundenen, aber gerätetechnisch verteilten Anwendungsfunktionen, welche als Software ausgeführt werden. Im vorliegenden Beitrag wurde der Einfluss auf Automatisierungssysteme dargestellt, wobei insbesondere das Spezialgebiet Industrielle Kommunikation beleuchtet wurde, das sich durch hohe Dienstgüteforderungen auszeichnet. Aufbauend auf erfolgreichen FuE-Arbeiten in der Automatisierungsindustrie der DDR und an Hochschulen war zum Zeitpunkt der Vereinigung Deutschlands ein Stand erreicht, der nahtlos in die laufenden Entwicklungen der damaligen BRD passte. Somit konnten wesentliche Teile der Forschungslandschaft im Osten erhalten und ausgebaut werden, welche erheblichen Einfluss auf nationale und internationale Entwicklungen nehmen konnten. Einige der Beiträge waren trendsetzend. Es gilt, diese Ressourcen zu erhalten und auszubauen.

6 Literatur

- [1] SAWATZKY, J. (1984): Zur kommunikationsseitigen Beschreibung und Dimensionierung von Mikrorechner- Automatisierungsanlagen. *Technische Universität Otto von Guericke Magdeburg, Sektion Automatisierungs- und Elektrotechnik, Dissertation.*
- [2] ORLOW, J. K.(1984): Beitrag zur Dimensionierung von störungstoleranten Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. *Technische Universität Otto von Guericke Magdeburg, Sektion Automatisierungs- und Elektrotechnik, Dissertation.*
- [3] HÄBNER, H. (1986): Zur Dimensionierung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen bezüglich Verfügbarkeit und Sicherheit. *Technische Universität Otto von Guericke Magdeburg, Sektion Automatisierungs- und Elektrotechnik, Dissertation.*
- [4] SCHUMANN, H.-J. (1986): Systematische Einsatzerprobung von Mikrorechnerreglern und regelungstechnischen Verfahren. *Technische Universität Otto von Guericke Magdeburg, Sektion Automatisierungs- und Elektrotechnik, Dissertation.*
- [5] FIEDLER, K. (1986): Experimentelle Ermittlung von Zeitverhaltensparametern am audatec-Bussystem. *Forschungsbericht TU Magdeburg – Diplomarbeit.*
- [6] BARGE, W.(1987): Zur Gestaltung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen aus der Sicht der Kommunikation Mensch-Anlage. *Technische Universität Otto von Guericke Magdeburg, Sektion Automatisierungs- und Elektrotechnik, Dissertation.*
- [7] DÄHMLOW, B. (1987): Zur strukturellen und funktionellen Gestaltung des prozessnahen Bereiches perspektivischer Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. *Technische Universität Otto von Guericke Magdeburg, Sektion Automatisierungs- und Elektrotechnik. Dissertation.*
- [8] ECKSTÄDT, A. (1988): Verhaltensanalyse eines mehrkanaligen, ausfalltoleranten Feldbussystems. *Technische Universität Otto von Guericke Magdeburg, Sektion Automatisierungs- und Elektrotechnik. Dissertation.*
- [9] EICHELBAUM, P. (1988): Dimensionierung der Speicherkopplung von Mikrorechnern in Mikrorechner-Funktionseinheiten. *Technische Universität Otto von Guericke Magdeburg, Sektion Automatisierungs- und Elektrotechnik. Dissertation.*

- [10] NEUMANN, P. (1990): Verhaltensanalyse und Dimensionierung von Mikrorechner-Automatisierungsanlagen. In: *Taschenbuch der Elektrotechnik, Bd. 4. Systeme der Informationstechnik*, Berlin: Verlag Technik.
- [11] FIEDLER, K. (1990): Zeitverhaltensanalyse serieller Bussysteme mittels Lastmethode. *Technische Universität Otto von Guericke Magdeburg, Fakultät Elektrotechnik, Dissertation*.
- [12] HOYER, R. (1993): *Leistungsanalyse von Feldebussystemen im Hochlastbereich*. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät Elektrotechnik, Dissertation.
- [13] DIEDRICH, CH. (1994): Interface Layer und Profile für Feldebussysteme sowie deren formale Spezifikation. *Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät Elektrotechnik, Dissertation*.
- [14] CZEKALLA, J. (1995): Spezifikationsstile und Entwurfswerkzeuge für Kommunikationsprotokolle im Echtzeitbetrieb. *Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät Elektrotechnik, Dissertation*.
- [15] GRÜTERICH, T. (1996): Verarbeitungsanforderungen und Anwendungsstrukturen in real konfigurierten Prozeßleitsystemen. *Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät Elektrotechnik, Dissertation*.
- [16] DIETRICH, D.; NEUMANN, P. & SCHWEINZER, H. (1999): Fieldbus Technology. Systems Integration, Networking, and Engineering. *Wien, New York: Springer, ISBN 3-211-83394-3*.
- [17] NEUMANN, P. (1999): Der Feldbus als Motor der Automatisierungstechnik. *Atp 41 (7), S. 27-34*.
- [18] NEUMANN, P. (1999): Locally distributed automation – but with which fieldbus system? *Assembly Automation 19 (4), S. 308-312*.
- [19] NEUMANN, P. & DIEDRICH, CHR. (1995): Profile für Feldgeräte. Erforderliche Ergänzungen der Protokollspezifikationen am Beispiel von Profibus-PA. *Tagungsband FET'95, Wien, S. 208-218, ISBN 3-85133-004-8*.
- [20] NEUMANN, P.; DIEDRICH, CH. & SIMON, R. (1997): Der Weg zu offenen Prozeßleitsystemen. In: *GMA Jahrbuch, Düsseldorf: VDI-Verlag, S. 128-148, ISBN 3-18-401611-0*.
- [21] GRÜTERICH, T. & NEUMANN, P. (1997): Mathematische Beschreibung von Leiteingriffs- und Meldungsprozessen in Prozeßleitsystemen. *at- Automatisierungstechnik 45, S. 175-180*.

- [22] PÖSCHMANN, A.; HÄHNICHE, J.; DEICKE, P. & NEUMANN, P. (1997): Experience with Formal Methods Implementing the PROFIBUS FMS and DP Protocol. *WFCS'97. 2nd IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, Barcelona, Proceedings, S. 277-286. ISBN 0-7803-4182-1.*
- [23] NEUMANN, P. & DIEDRICH, CH. (1996): Distributed Function Block technology – quo vadis? *1st International PLCopen Conference on Industrial Control Programming ICP'96, Paris, Preprints.*
- [24] NEUMANN, P. (1996): Function Block technology standard. We are on the way towards open, distributed computer control systems. *Control & Instrumentation EUROPE London 2, S. 60-62.*
- [25] NEUMANN, P. & DIEDRICH, CHR. (1995): Profile für Feldgeräte. Erforderliche Ergänzungen der Protokollspezifikationen am Beispiel von Profibus-PA. *Tagungsband FET'95, Wien, S. 208-218.*
- [26] NEUMANN, P.; HENNINGER, O.; ULRICH, A. & NICKOLL, K. (1994): Automatisierte Testfolgenableitung aus formalen Spezifikationen, Abschlußbericht, Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Sachsen Anhalt, *Förderkennzeichen 949A0541, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Automatisierungstechnik.*
- [27] HENNINGER, O. & NEUMANN, P. (1995): Test Case Generation Based on Formal Specifications in ESTELLE. *IEEE-Workshop Factory Communication Systems, Leysin. Preprints, S. 131-140.*
- [28] HENNINGER, O. & NEUMANN, P. (1995): Generierung von Testfolgen für den Konformitätstest aus der formalen Spezifikation. *Tagungsband FET'95, Wien, S. 377-383.*
- [29] NEUMANN, P.; DIEDRICH, C. & SIMON, R. (1995): Necessary extensions of fieldbus systems for distributed processing. *IEEE-Workshop Factory Communication Systems, Leysin. Preprints, S. 242-249.*
- [30] IEC 61158 (ALL PARTS): Industrial communication networks. Fieldbus specifications.
- [31] IEC 61784-2: Industrial communication networks Profiles. Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on ISO/IEC 8802-3.
- [32] SIMON, R. (2001): Methoden zur Feldinstrumentierung von verteilten Automatisierungssystemen. *Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Dissertation.*
- [33] JASPERNEITE, J. (2002): Leistungsbewertung eines lokalen Netzwerkes mit Class-of-Services Unterstützung. *Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Dissertation.*

- [34] HENNIGER, O. (2002): Testgenerierung aus Spezifikationen in Estelle und SDL. *Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Fakultät für Mathematik, Naturwissenschaften und Informatik, Dissertation.*
- [35] (2006): Specification of the Open Platform for Automation Infrastructure. *Deliverable D02.2-1. Topology Architecture for the VAN Virtual Automation Domain. European Integrated Project VAN FP6/2004/IST/NMP/2 - 016696 VAN Virtual Automation Networks.*
- [36] NEUMANN, P.; PÖSCHMANN, A. & MESSERSCHMIDT, R. (2008): Architectural Concept of Virtual Automation Networks. *IFAC World Congress. Invited Session „Virtual Automation Networks“.*
- [37] NEUMANN, P. (2007): Communication in Industrial Automation. What is going on? *Control Engineering Practice 15, S. 1332-1347.*
- [38] NEUMANN, P.; PÖSCHMANN, A. & FLASCHKA, E. (2007): Virtual Automation Networks. Heterogeneous Networks for Industrial Automation. *Atp International (2), S. 36-46.*
- [39] NEUMANN, P. (2007): Wireless Sensor Networks in der Prozessautomation. Übersicht und Standardisierungsaktivitäten. *Atp (3), S. 61-67.*
- [40] NEUMANN, P. (2008): Kommunikation ohne Grenzen. Das VAN-Konzept, Teil 1. *ComputerAutomation (3).*
- [41] NEUMANN, P. & PEREIRA, E. (2009): Industrial communication protocols. *In: Handbook of Automation, Berlin New York: Springer.*
- [42] NEUMANN, P. & MESSERSCHMIDT, R (2010): Virtual Automation Networks. *In: Industrial Electronics Handbook, Taylor & Francis Group.*

Unscharfe Mengen in der DDR

RUDOLF SEISING

rudolf.seising@softcomputing.es

Während die zur Mitte der 1960er Jahre begründete mathematische Theorie der Fuzzy Sets – „unscharfer Mengen“ – erst zu Beginn der 1980er Jahre in Japan und danach in den USA und Westeuropa bekannt und erfolgreich wurde, gab es in der DDR schon in den späten 1970er Jahren eine „GDR Working Group for Fuzzy Sets and Systems“, die sich monatlich zum Seminar „Theorie unscharfer Signale und Systeme“ traf.

Nur wenige DDR-Wissenschaftler haben zur Theorie unscharfer Mengen Grundlagenforschung betrieben und neue Ergebnisse publiziert. Vielmehr wurden die Fuzzy-Methoden als Elemente von Kybernetik und Systemtheorie verstanden und in der Technik angewendet. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die bis zu Stalins Tod als „bürgerlich-idealistisch“ diffamierte Kybernetik zwar in den 1960er Jahren sogar als besonders förderungswürdige „kommunistische Wissenschaft“ galt, um den „wissenschaftlich-technischen Höchststand“ schnell zu erreichen.

Nach den Liberalisierungstendenzen in der CSSR, dem sowjetische Einmarsch 1968 und der Ablösung Ulbrichts von der Funktion des ersten Sekretärs der SED und des Vorsitzenden des Nationalen Verteidigungsrates wurde gegen Kybernetik und Systemtheorie in den nicht-technischen Wissenschaften allerdings wieder aggressiv vorgegangen. Die „wissenschaftlich-technische Revolution“ (WTR) war jedoch unumkehrbar, daher konnten Kybernetik und Systemtheorie in der Technik weiterhin betrieben werden, und dazu zählten auch die Anwendungen der Theorie der Fuzzy Sets. Als 1972 das International Institute for Applied System Analysis (IIASA) in Laxenburg bei Wien gegründet wurde, war die DDR daher auch deren Mitgliedsstaat, vertreten durch Manfred Peschel, der die „GDR Working Group for Fuzzy Sets and Systems“ gegründet hatte.

1 Unscharfe Mengen – Fuzzy Sets

Die Theorie der unscharfen Mengen – Fuzzy Sets – wurde von dem in der Sowjetrepublik Aserbaidschan geborenen, im Iran aufgewachsenen, 1944 in die USA ausgewanderten und seit 1958 an der University of California at Ber-

keley als Professor tätigen Elektrotechniker und Systemtheoretiker Lotfi A. Zadeh (geb. 1921) im Jahre 1965 begründet [1]¹. Diese Theorie sieht anstelle des starren Element- oder Nichtelementseins von Objekten zu einer gewöhnlichen „scharfen“ Menge eine graduelle Zugehörigkeit zu einer unscharfen Menge (*Fuzzy Set*) vor. Die Zugehörigkeitsfunktion (membership function) $\mu_A(x)$ des Fuzzy Sets A weist jedem Objekt eine Zahl zwischen 0 und 1 zu, mit der seine Zugehörigkeit als Element von A bewertet wird.

Zadeh (Abbildung 1) war und ist weder mathematischer noch philosophischer Grundlagenforscher, der die Cantorsche Mengentheorie oder die Boolesche Logik hätte „aufweichen“ wollen, sondern ein mathematisch orientierter Ingenieur, der durch anwendungsorientierte Betrachtungen in der Kommunikationstechnologie motiviert wurde, nach neuen Methoden zu suchen. Insbesondere Probleme der Musterklassifikation – etwa handgeschriebener Zeichen oder Frequenzen elektromagnetischer Wellen, die einem vorgegebenen Prototypen genügend ähnlich sind – führten ihn auf die Idee der Fuzzy Sets [3], [2].

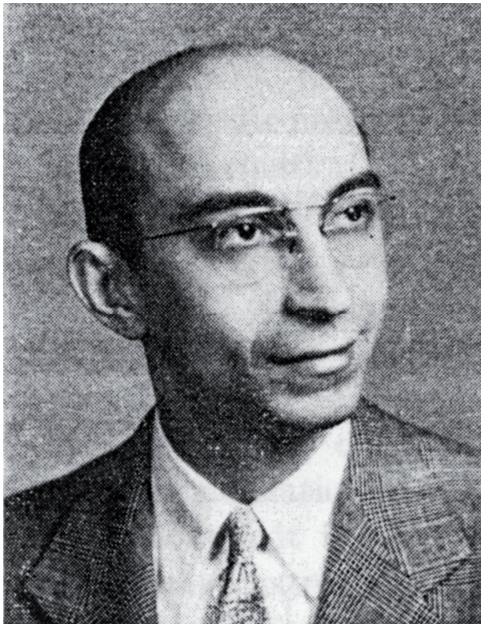


Abbildung 1: Lotfi Zadeh

¹ Zur Geschichte der Fuzzy Set Theorie siehe [2].

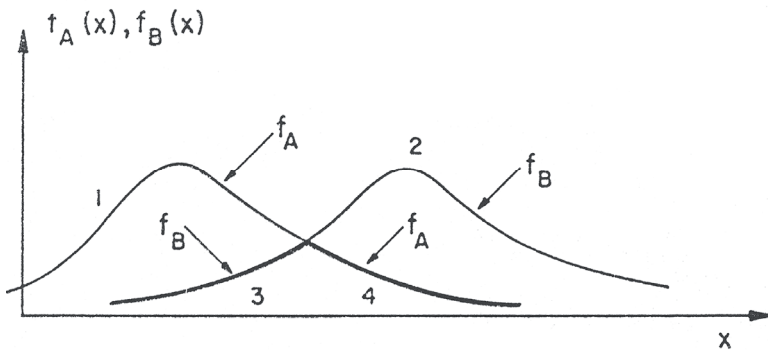


Abbildung 2: Zugehörigkeitsfunktionen $f_A(x)$, $f_B(x)$, $f_{A \cup B}(x)$ und $f_{A \cap B}(x)$.
 $f_{A \cup B}(x) = \max(f_A(x), f_B(x))$ entspricht den Kurvenabschnitten 1 und 2,
 $f_{A \cap B}(x) = \min(f_A(x), f_B(x))$ entspricht den Kurvenabschnitten 3 und 4;
 Abbildung aus [1]

Operationen, die mit gewöhnlichen Mengen durchgeführt werden können, lassen sich auf den Bereich der Fuzzy Sets übertragen: Es gibt das leere Fuzzy Set ($\mu_A(x) = 0$ für alle x im Definitionsbereich) und das Komplement $\neg A$ jedes Fuzzy Sets ($\mu_{\neg A}(x) = 1 - (\mu_A(x))$); Fuzzy Sets können vereinigt werden und man kann ihren Durchschnitt bilden. Die beiden letzten Operationen definierte Zadeh folgendermaßen (Abbildung 2): Die Zugehörigkeitsfunktion $f_{A \cup B}(x)$ der Vereinigung zweier Fuzzy Sets A und B ist das Maximum ihrer beider Zugehörigkeitsfunktionen ($\max(f_A(x), f_B(x))$), die ihres Durchschnitts ($f_{A \cap B}(x)$) ist deren Minimum ($\min(f_A(x), f_B(x))$).

Eine der ersten Reaktionen auf Zadehs Einführung unscharfer Mengen in das mathematische Werkzeug der Systemtheorie kam aus Moskau: In der in russischer und englischer Sprache erscheinenden Zeitschrift *Engineering Cybernetics* griff der Mathematiker Vasilij I. Loginov Zadeh und seine Theorie scharf an, denn er sah in der Theorie der Fuzzy Sets and Systems keinerlei Problemlösungspotential, das nicht auch Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik bereit stellten [4]. Loginov hatte allerdings die Zugehörigkeitsfunktion eines Fuzzy Sets als „likelihood function“ und ihre Werte als bedingte Wahrscheinlichkeiten fehlinterpretiert, wie auch noch viele andere nach ihm [5].

Auch der junge Mathematiker Manfred Peschel, der seit 1966 Professor für Regelungs- und Steuerungstechnik an der TH Karl-Marx-Stadt war, gelangte 1968 zunächst zu dieser Auffassung, als er beim Symposium der *International Federation of Automatic Control* (IFAC) „On Systems Adaptivity and Sensitivity“ in Dubrovnik Lotfi Zadehs Plenarvortrag „Fuzzy Sets and Systems“ hörte.

Nach einigen Diskussionen mit Zadeh, der ihm seine Veröffentlichungen zu dieser Thematik auch bald zugesandt hatte, wurde Peschel dann aber in den 1970er Jahren zu einem überzeugten Verfechter dieser Theorie, und er versuchte die *Fuzzy Sets* als „Unschärfe Mengen“ in den Ingenieurwissenschaften der DDR zu etablieren, um mit ihrer Hilfe mehrkriterieller Entscheidungs- und Optimierungsprobleme zu lösen. Dieses Forschungsgebiet lernte er zwei Jahre später auf der Allunionskonferenz über Automatic Control in Moskau kennen, als dort die Untersuchungen zu mehrkriterielle Entscheidungs- und Optimierungsproblemen in der Operationsforschung von Jurii Borisovitch Germeiers (1918-1975) diskutiert wurden, die dieser an der Russischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt hatte. Peschel entwickelte dann sein Forschungsprogramm, mit Hilfe von Fuzzy Sets Optimierungsprobleme mit mehreren Zielsetzungen bzw. Gütekriterien zu analysieren und ihre Kompromissfindung zu beschreiben.

2 Wissenschaftlich-technische Revolution und Kybernetik/Systemtheorie

Für die 1960er Jahren war in der DDR der Übergang von der „sozialistischen Revolution“ zur „wissenschaftlich-technischen Revolution“ (WTR) geplant. Diesen Begriff hatte der irische Wissenschaftsforscher John Desmond Bernal (1901-1971) in den 1950er Jahren eingeführt, um die Entwicklungen auf den Gebieten der Wissenschaft und der Technik in den hochindustriellen Gesellschaften im 20. Jahrhundert zu charakterisieren, die seiner Meinung nach völlig neue Qualitäten aufwiesen und daher mit früheren Entwicklungen auf diesen Gebieten nicht vergleichbar gewesen seien [6].

In den westlichen Industriegesellschaften wurde daher viel über die *wissenschaftliche Zivilisation*, die *Technokratie* und die *postindustrielle Gesellschaft* spekuliert und vor allem wurde die Eigendynamik der WTR betont, die somit weder vorgegebene Bedürfnisse befriedige (die sie vielmehr erst selbst schafft), noch bestimmte Zwecke erreichen solle, und auch nicht an bestimmte Produktionsverhältnisse gebunden sei. Dies sei zwar im 19. Jahrhundert der Fall gewesen, als die Technik an die bürgerlich-kapitalistischen Produktionsverhältnisse gebunden gewesen war, nun im 20. Jahrhundert würden durch Wissenschaft und Technik aber nicht mehr politisch-gesellschaftliche sondern technische Probleme gelöst!

In der DDR musste die WTR dagegen vor dem Hintergrund der marxistisch-leninistischen Gesellschaftsauffassung interpretierbar bleiben und hier wurde die WTR durch folgende Punkte gekennzeichnet [7], [8], [9], [10]:

1. Einführung des automatischen Prinzips in den Produktionsprozess,
2. „Verwandlung von Wissenschaften in unmittelbare Produktivkraft“,
3. „Chemisierung“ und „Elektrifizierung“ der Produktion, sowie Verwendung von Atomkraft,

4. Verwissenschaftlichung der Produktionsorganisation,
5. sich verändernde Stellung des Menschen im Produktionsprozess und sich wandelnder Charakter der Arbeit.

Im Parteiprogramm der SED wurde *Wissenschaft* zur unmittelbaren Produktivkraft erklärt, und insbesondere auf die Bedeutung von Mathematik, Physik, Chemie, Biologie, Kybernetik, Automation, Elektrotechnik für das Wachstum der Produktivkräfte der Gesellschaft hingewiesen. Die bisher als bürgerlich-idealistisch diffamierte Wissenschaft *Kybernetik* wurde sogar zur „kommunistischen Wissenschaft“ erklärt und ihr sollte nun besondere Förderung zukommen, um den „wissenschaftlich-technischen Höchststand“ so rasch wie möglich zu erreichen [11]. Einflüsse aus der Sowjetunion nach Stalins Tod, aber auch aus den westlichen Staaten führten dazu, dass die Kybernetik in der DDR nach anfänglicher Zurückweisung nun in den 1960er Jahren hoffähig und bald sogar „Wissenschaft und Produktivkraft allerersten Ranges“ wurde ([12], S. 249).

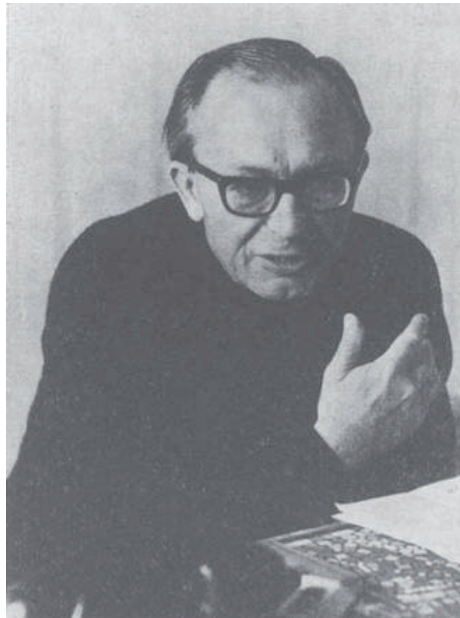


Abbildung 3: Georg Klaus

In der DDR hatte sich vor allem der Philosoph Georg Klaus (1912-1974) um die Kybernetik bemüht und verdient gemacht (Abbildung 3). Seit 1953 hatte er den Lehrstuhl für Logik und Erkenntnistheorie an der Humboldt-Universität in Berlin inne, und seit 1959 war er Leiter der Arbeitsgruppe Philosophie an der

Akademie der Wissenschaften der DDR (AdW). Klaus stellte die veränderten Produktionsprozesse als kybernetisches Regelkreismodell dar, in dem der Mensch aus dem Produktionsprozess heraustritt und sich lediglich noch als „Regler höherer Ordnung“ betätigt: „Selbst die unmittelbare Regler- und Kontrollfunktion übernimmt der automatisierte Produktionsprozess letztendlich, so dass der Produktionsprozess für den Menschen die Form einer „black-box“ annehmen kann.“ ([13], S. 197)

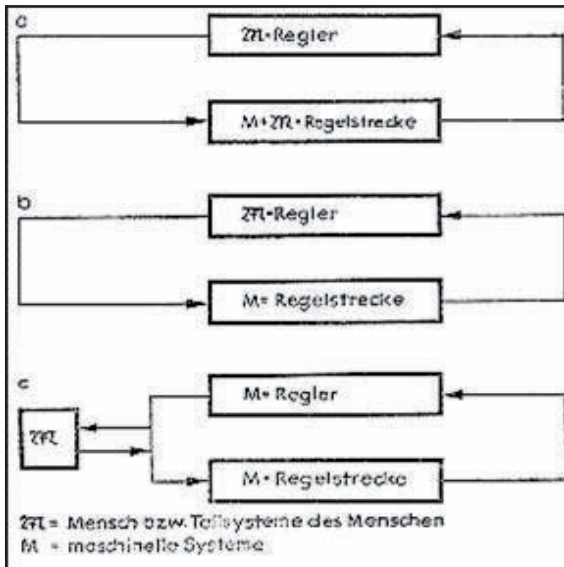


Abbildung 4: Evolution der kybernetischen Beziehung von Mensch und Maschine.

1959 gründete Klaus, der 1961 Mitglied der *Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (AdW) wurde, im Auftrag des Ministeriums für Wissenschaft und Technik (MWT) die *Kybernetik-Kommission der DDR*, deren Vorsitz er selbst übernahm. Sein Doktorand Rainer Thiel (geb. 1930) wurde zunächst Sekretär – nach drei Jahren wurde er von Heinz Liebscher (geb. 1931) abgelöst, der von 1962 bis 1978 auch Klaus' Mitarbeiter im Institut für Philosophie der AdW war –, und Kurt Schröder (1909-1978), Mathematik-Professor und später Rektor der Humboldt-Universität, wurde stellvertretender Vorsitzender der Kommission.

Manfred Peschel war einer von Schröders Doktoranden gewesen. 1961 hatte er seine Dissertation A bei ihm eingereicht, doch die Begutachtung zog sich hin, nachdem der Doktorvater auch Rektor geworden war, so dass die Promo-

tion erst 1966 abgeschlossen wurde. Peschel arbeitete zwischen 1960 und 1963 am *Deutschen Amt für Material- und Warenprüfung* (DAMW), wo er das Büro für mathematische Auswertungen aufbaute. Dann engagierte ihn Schröder allerdings an der *Humboldt-Universität*, um dort in der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät ein Rechenzentrum um den in der DDR entwickelten Rechner ZRA 1 aufzubauen und zu leiten [14]. Schon 1961, noch als unpromovierter Aspirant, erhielt Peschel von Schröder das Angebot, an dieser Fakultät eine neue (und damit in Deutschland die wahrscheinlich erste) Einführungsvorlesung in die Kybernetik zu halten. Peschel hielt diese *Einführung in die Kybernetik* fünf Jahre hintereinander als nicht obligatorische Veranstaltung für jeweils 20 bis 50 Hörer [14], bis er 1966 auf Vorschlag des Systemtheoretikers Gerhard Wunsch und des Korrelationselektronikers Fritz Heinrich Lange, Direktor des Instituts für Regelungstechnik in Karl-Marx-Stadt und drei Jahre später dort auch Professor wurde.

Für den Philosophen Georg Klaus war die Kybernetik eine wichtige Erweiterung des dialektischen Denkinstrumentariums unter dem Gesichtspunkt der Organisationsprobleme einer sozialistischen Gesellschaft, die ihm Argumentationshilfen bei der Forderung nach hierarchischen Organisationsstrukturen in komplexen Systemen bot. Eine gut funktionierende Gesellschaft sei ein „System vermaschter Regelkreise“ mit hierarchischer Struktur. Die Hierarchiespitze, den gesamtgesellschaftlichen Regler sozusagen, stelle in einem sozialistischen Land die Partei. Dieser „Regler Partei“ sollte aber nicht steuernd von außen auf die Gesellschaft einwirken, sondern vielmehr komplexe Regelungsbeziehungen zu den verschiedenen Teilsystemen einer Gesellschaft haben, die auch ihrerseits zueinander in Regelungsbeziehungen stünden.

Das neue Systemdenken kam bei der Konzipierung der *Marxistisch-Leninistischen Organisationswissenschaft* (MLO) zum Tragen: 1964 in einer Rede von Ulbricht auf der 7. Tagung des Zentralkomitees der SED erwähnt, konnte sie sich von 1968 bis 1970 als die für die Organisation des „entwickelten gesellschaftlichen Systems“ grundlegende Wissenschaft etablieren. Gesellschaftliche Prozesse sollten nach rationalen Kriterien und mit Hilfe von Methoden der Kybernetik, der Organisationsforschung und der elektronischen Datenverarbeitung gestaltet werden. Einer darüber hinausgehenden kybernetischen Ideologisierung der Organisations- und Leitungsprobleme sollte durch parteiideologische Kontrolle vorgebeugt werden.

Diese systemübergreifenden Denkansätzen und Organisationsmodellen waren allerdings nicht im Sinne der SED-Ideologen und nach den Erfahrungen mit den Liberalisierungstendenzen in der CSSR und dem sowjetische Einmarsch 1968, der Ablösung Ulbrichts von den Funktionen des ersten Sekretärs der SED und des Vorsitzenden des Nationalen Verteidigungsrates wurde gegen den Begriff „System“, der in den 60er Jahren sogar Bestandteil der Parteisprache gewesen war, wieder aggressiv vorgegangen. So verschwand er auch aus

der Epochenbezeichnung „entwickeltes gesellschaftliches System des Sozialismus“. Seit dem VIII. Parteitag der DDR hieß die Epoche wieder „entwickelte sozialistische Gesellschaft“².

3 IIASA und Akademie

Die technische Ausrichtung von Kybernetik und Systemtheorie wurde allerdings auch in der DDR weiter verfolgt, um auf dem höchstmöglichen Stand der Forschung zu sein. Technische Kybernetik und Systemtheorie wurden auch deshalb weiter betrieben, weil im Oktober 1972 die Charta des IIASA (*International Institute for Applied System Analysis*) – auch vom Vertreter der DDR – unterschrieben und damit in Laxenburg bei Wien gegründet wurde. Die IIASA wurde als eine internationale Institution etabliert, in der viele Staaten der westliche Welt und des Ostblocks, allen voran USA und Sowjetunion und auch die Bundesrepublik Deutschland und die DDR Mitglied wurden, um in Wissenschaft und Technik zusammen zu arbeiten, nicht zuletzt auch wegen der globalen Probleme, die damals erkennbar wurden. Vertreter der DDR im IIASA wurde Manfred Peschel, der aufgrund seiner bisherigen Tätigkeiten dazu prädestiniert war, die „Systems Science“ der DDR zu repräsentieren. 1970 hatte er sich habilitiert, und er wurde in die vom MWT gegründete *Kommission für die Teilnahme am IIASA* berufen, deren Regie das MWT später an die AdW abgab.

Die IIASA-Tätigkeit erlaubte Peschel nach Wien und Berlin zu reisen, und er knüpfte Kontakte zu westlichen Wissenschaftlern wie dem damals in Berlin lebenden Informatiker Ingo Rechenberg und dem in Kassel lebende IIASA-Vertreter der Bundesrepublik Hartmut Bossel. Über IIASA-Verbindungen lernte Peschel auch Peter Schuster kennen und seit 1981 gehörte Peschel auch der *UNESCO Working Group on System Theory* an [14].

Zu den ersten IIASA-Treffen ging Peschel noch als Professor aus Karl-Marx-Stadt, doch schon bald darauf sollte er eine wichtigere Funktion bekleiden.

Am 20. Mai 1969 hatte der Ministerrat der DDR ein von der Akademie zuvor verabschiedetes Statut bestätigt, das die Akademie als „Forschungsakademie der sozialistischen Gesellschaft“ auswies. Damit war die Akademiereform, die mit der sogenannten Hochschulreform einher ging, formal beschlossen. Forschungsplanung wurde zentralistisch, die Akademie wurde „wie ein Wissenschaftskombinat“ geleitet. Forschungen in der Akademie sollten nun auf ausgewählten Feldern betrieben werden, die auf „prognostisch abgeleitete, strukturbestimmende Gebiete der Natur- und Geisteswissenschaften“ abzielten. Aus den früheren „Klassen“ entstanden durch Neuzuschnitt sieben „For-

² Zur Kybernetik in der DDR siehe auch [15], [16].

schungsbereiche“ (FoB), denen die ehemaligen Zentralinstitute untergeordnet wurden. Nicht nur in ihrer Struktur sondern auch in ihrer Arbeitsweise wurde die Akademie wesentlich verändert. Das Prinzip der „Kollegial-Leitung“ wurde durch das der „Einzelleitung bei kollektiver Beratung“ ersetzt, die FoB-Leiter waren nun „Vorsitzende“, nicht mehr „Sekretäre“ und sie wurden nach erfolgreicher Wahl dem Ministerrat vorgeschlagen, der sie für vier Jahre berief.

Aufgrund seiner Position im IIASA, seiner vielen Auslandsaufenthalte und der damit einhergehenden großen Bekanntheit erhielt Manfred Peschel 1972 den Auftrag zur „Erkundung des Forschungsbereichs *Mathematik, Kybernetik, Rechentechnik*“ und schließlich zu dessen Aufbau bei Eingliederung folgender Institutionen:

1. das Institut für reine und angewandte Mathematik (IMATH),
2. später Zentralinstitut für Mathematik und Mechanik),
3. das Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse (ZKI)
4. das Zentrale Rechenzentrum der Akademie (ZfR),
5. später Zentrum für Rechentechnik).

Zum Leiter des neuen FoB, der nun den Namen *Mathematik und Kybernetik* erhielt, wurde Peschel dann 1973 gewählt, vom Ministerrat berufen und damit faktisch Mitglied des Präsidiums der AdW. Während seiner darauf folgenden mehr als zehnjährigen Leitungstätigkeit, stieg die Mitarbeiterzahl in seinem FoB von anfangs knapp 500 auf schließlich etwa 1.200. Er blieb damit der kleinste Forschungsbereich der AdW, dem drei Zentralinstitute angehörten [14]³.

4 Das „Fuzzy-Seminar“ in der DDR

Um seinen Aufgaben in der AdW in Berlin nachkommen und auch seine Vorlesung „Kennwertermittlung und Modellbildung“ an der Technischen Hochschule in Karl-Marx-Stadt halten zu können, wohnte Peschel mit seiner Familie noch mehrere Jahre in Karl-Marx-Stadt, arbeitete aber hauptsächlich in Berlin-Adlershof. In Karl-Marx-Stadt wurde sein früherer Mitarbeiter Steffen Bocklisch sein Nachfolger als Professur. Er hatte bei Peschel als einer seiner Forschungsstudenten begonnen und sich insbesondere für die Forschungsausrichtung interessiert, der sich Peschel seit dem Herbst 1970 zugewandt hatte und die er in seiner seit 1970 gehaltenen Vorlesung „Unschärfe Modellbildung und Polyoptimierung“ in der Fachrichtung Automatisierungstechnik behandelte.

³ Zu Leben und Werk von Manfred Peschel siehe auch [15], [16], [17].

Peschel und Bocklisch gelang es, die Theorie der *Fuzzy Sets and Systems* weit über die TH Karl-Marx-Stadt hinaus bekannt zu machen. Vor allem der von Prof. Heinz Töpfer von der Akademie in Dresden eingerichtete Koordinierungsrat „Technische Kybernetik“ wurde hier wertvoll, da zu dessen Jahrestagungen Vertreter aller Technischen Hochschulen in der DDR kamen. Aber auch an anderer Hochschulen und Institutionen Interessenten, etwa unter Bio- und Wasserwirtschaftswissenschaftlern gab es an der Thematik interessierte Forscher, und so gründeten Peschel und Bocklisch 1975 das Seminar „Technische Kybernetik – Theorie unscharfer Signale und Systeme“, zu dem regelmäßig monatlich an wechselnden Orten und in verschiedenen Städten eingeladen wurde. Die Teilnehmer an diesem „Fuzzy Seminar“ bildeten die „GDR Working Group for Fuzzy Sets and Systems“ – ein Name, der in Anlehnung an die „UNESCO Working Group on Systems Analysis“ entstanden war.



Abbildung 5: Manfred Peschel

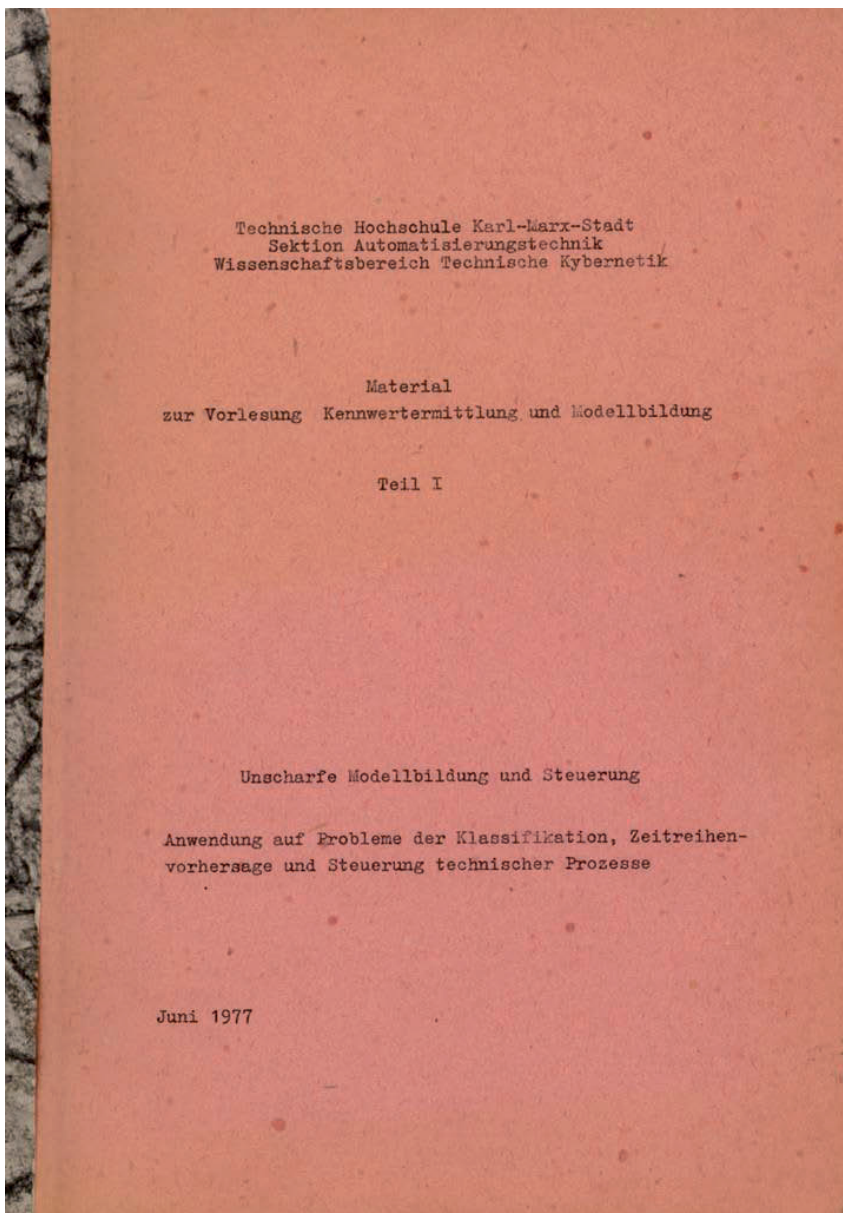


Abbildung 6: Titelblatt der ersten Materialsammlung zum "Fuzzy Seminar" [22]

In den 1970er Jahren kamen die Teilnehmer des „Fuzzy-Seminars“ vor allem von den THs in Karl-Marx-Stadt, Leipzig und Leuna-Merseburg später auch von der Ingenieurhochschule Zittau und der Humboldt Universität in Berlin. In den 1980er Jahren weitete sich das Interesse an der Fuzzy Theorie aus, so dass neue Forschungsschwerpunkte u. a. in Dresden und Freiberg entstanden. Die von Peschel und Bocklisch für alle Seminarteilnehmer herausgegebene Schriftenreihe „Material zur Vorlesung Kennwertermittlung und Modellbildung“ erschien von 1977 bis 1988 und hieß „Vorlesungsmaterial“, da sie nur unter dieser Bezeichnung gedruckt werden konnte. Bei der Durchsicht der Beiträge zeigt sich, dass die Fuzzy Sets vor allem zur Lösung komplexer Aufgaben herangezogen wurden, für die keine anderen Methoden bekannt waren. In ihrem Beitrag *Systemidentifikation mit unscharfem Klassenkonzept* gaben Bocklisch und sein Ko-Autor Frank Bilz einige Beispiele in denen zunächst die jeweiligen Prozesszustände geschaffen wurden, diese dann aber nicht ohne weiteres scharf voneinander abzugrenzen und auch nicht auf allgemeinen Skalen anzuordnen waren [18]:

Medizin: Die Verkalkung der Herzkranzgefäße (Koronarsklerose) verläuft chronisch, d. h. über einen langen Zeitraum schleichend. Die Kontrollwerte des Blutdrucks, der Pulsfrequenz, der Harnsäure und des Fettspiegels verändern sich nur langsam von einem normalen Wert zu einem Risikowert. Das führt zu der Frage, wie weit der Normbereich anzusetzen ist und wo der Risikobereich beginnt. Die Angabe des Normbereichs solcher Größen ist also nur unscharf möglich, aber dennoch hängen von seiner Güte die Frühdiagnose und der Behandlungserfolg ab. Hinzu kommt, dass Anzahl, Art und Beziehungen dieser biomedizinischen Messgrößen untereinander für die Diagnose wesentlich sind. Andererseits kann sich der Mediziner nur auf wenige, allerdings signifikante Merkmale stützen.⁴

Petrochemie: Bei der Destillation wird Erdöl zunächst entsalzt. In einer Fraktionskolonne werden danach durch Erwärmung zunächst die leichten Fraktionen, dann aber durch immer höhere Wärmezufuhr auch schwerere Anteile getrennt. Die mehr oder weniger fließend ineinander übergehenden Betriebszustände lassen sich kaum mit Messwerten identifizieren; es bleibt die Möglichkeit einer verbalen Beschreibung der Betriebszustände und eben diese wird auch für die Steuerungsvorschriften benutzt, d. h. Vorschriften zur Prozesssteuerung werden aus den subjektiven Angaben eines Experten, der die Anlage bedient, „destilliert“⁵; um diese Prozessführung zu objektivieren, bietet sich die Fuzzy Theorie an.

Ökologie: Die Energiequelle, die als Ersatz für die fossilen Brennstoffe in Frage kommt, ist neben Wasser-, Sonnen- und Kernenergie die Erdwärme, und

⁴ Bocklisch bezieht sich hier auf [19].

⁵ Bocklisch zitiert hier [20].

zwar in Form von Heißwasser oder Wasserdampf (Heißwasserfelder, Geysire). Primär scheint die Gewinnung der geothermischen Energie umweltfreundlich zu sein, doch bei näherem Hinsehen sind es doch die Umwelt belastende Verfahren: der Grundwasserspiegel kann in den Gebieten sinken, Verschiebungen der Druck- und Spannungsverhältnisse unter der Erdoberfläche können lokale Erdbeben auslösen usw.⁶ Das natürliche Gleichgewicht wird eventuell stark gestört, aber über die Ursache-Wirkung-Beziehung weiß man nichts genaues. Dennoch muss sie bei der Entscheidung, ob ein geothermisches Kraftwerk gebaut werden soll, oder ob nicht, berücksichtigt werden. Die Abwägung von Vor- und Nachteilen muss so genau wie möglich sein, „unscharfe Mengen“ können hier weiterhelfen.

5 Schluss

Aus der gesamten Schriftenreihe lässt sich ersehen, dass immer mehr Anwendungsfelder für die Theorie der unscharfen Mengen erschlossen wurden, während die Grundlagen der Fuzzy Set Theorie kaum in Ansätzen bearbeitet wurden. Kontakte der *Fuzzy Working Group* zu den Mathematik-Professoren Hans Bandemer in Freiberg und Siegfried Gottwald in Leipzig, die sich mit theoretischen Fragen der „unscharfen Mengen“ bzw. mit der „Fuzzy Logik“ beschäftigten, wurden erst in den 1980er Jahren geknüpft.

Lange Zeit liefen die Arbeiten mit unscharfen Mengen“ sogar unter der Bezeichnung „Stochastisches Systemverhalten“. Im Vorwort zum ersten Teil des *Materials zur Vorlesung Kennwertermittlung und Modellbildung* heißt es: „Ein wesentlicher Grund sind die fehlenden soliden Kenntnisse stochastischer Erscheinungen. Die in dem vorliegenden Band zusammengestellten Arbeiten aus dem laufenden Seminar des Wissenschaftsbereichs „Technische Kybernetik“ „Theorie unscharfer Signale und Systeme“ kann beitragen, diesen Mangel zu beheben und so die Lehrveranstaltungen gut ergänzen.“ [19] Offenbar sah man in der DDR in den frühen Jahren der Anwendung unscharfer Mengen keinen Gegensatz zur Stochastik.

⁶ Bocklich zitiert hier [21].

6 Literatur

- [1] ZADEH, L. A. (1965): Fuzzy Sets. *Information and Control* 8, S. 338-353.
- [2] SEISING, R. (2005): Die Fuzzifizierung der Systeme. Die Entstehung der Fuzzy Set Theorie und ihrer ersten Anwendungen – Ihre Entwicklung bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts. *Stuttgart: Steiner (Boethius Band 54)*.
- [3] BELLMAN, R. E.; KALABA, R. & ZADEH, L. A. (1966): Abstraction and Pattern Classification. *Journal of Mathematical Analysis and Applications* 13, S. 1-7.
- [4] LOGINOV, V. I. (1966): Probability Treatment of Zadeh Membership Functions and their Use in Pattern Recognition. *Engineering Cybernetics* (2), S. 68f.
- [5] DUBOIS, D.; NGUYEN, H. T. & PRADE, H. (2000): Possibility theory, probability and fuzzy sets: Misunderstandings, bridges and gaps. In: *Dubois, D. & Prade, H. (Hrsg.), The Handbook of Fuzzy Sets, Kluwer, S. 343-438*.
- [6] BERNAL, J. D. (1970): Wissenschaft. Science in History, Bd. 2, Die wissenschaftlichen und die industrielle Revolution; Bd. 3, Die Naturwissenschaften in der Gegenwart. *Reinbek (erste Auflage London 1954)*.
- [7] AUTORENKOLLEKTIV (1967): Marxistische Philosophie, Lehrbuch. *Berlin, S. 659f*.
- [8] KRAH, W. (1965): Von der Umwandlung der Wissenschaft in eine unmittelbare Produktivkraft, *DZPh (1), S. 102ff*.
- [9] TEBMANN, K. (1965): Technische Revolution und Sozialismus. *Einheit 2/1965, S. 15ff*.
- [10] STOLJAROW, V. (1963): Die Entwicklung der Wissenschaft zur unmittelbaren Produktivkraft und die materialistische Geschichtsauffassung. *DZPh (7), S. 826ff*.
- [11] Parteiprogramm der SED, S. 74. Zitiert nach [13].
- [12] WILHAM, H. (1990): Denken für eine geschlossene Welt. Philosophen in der DDR. *Hamburg: Junius*.
- [13] HAUFE, G. (1980): Dialektik und Kybernetik in der DDR. *Berlin: Dunker u. Humblot, (Beitr. zur politischen Wissenschaft 38 – Diss Ruhr-Universität Bochum 1976), S. 117*.
- [14] Manfred Peschel im Gespräch mit dem Autor am 9. September 1999 in Zittau.

- [15] DITTMANN F., SEISING, R. (Hrsg.) (2007): Kybernetik steckt den Osten an – Aufstieg und Schwierigkeiten einer interdisziplinären Wissenschaft in der DDR. [= *Information – Kommunikation – Organisation*, Bd. 1], Berlin: trafo Verlag.
- [16] SEISING, R.: Manfred Peschel (1932-2002): Systemverhalten – Systemversagen. In: Naumann, F. & Schade, G. (Hrsg.), *Informatik in der DDR – eine Bilanz, Tagungsband zu den Symposien 7.-9. Oktober 2004 in Chemnitz, 11.bis 12. Mai 2006 in Erfurt, Bonn: Gesellschaft für Informatik (Lecture Notes in Informatics (LNI) Thematics Vol. T-1, 2007, S. 479-500.*
- [17] SEISING, R. (2003): „Erstaunliche Begebenheiten“ – Eckpunkte im Leben eines Wissenschaftlers der DDR. In: Hochschule Zittau/Görlitz (FH) Institut für Prozesstechnik, Prozessautomatisierung und Messtechnik (Hrsg.), *Betrachtungen zur Systemtheorie. Gedenkband zum Leben und Schaffen von Prof. Manfred Peschel. Zittau Großschönau, S. 307-326.*
- [18] BOCKLISCH, S. F. & BILZ, F.: Systemidentifikation mit unscharfem Klassenkonzept. In: [22], S. 38-63.
- [19] PARSI, R. A.; STÜRMER, U.; SEIDEL, R. & WOLF, B. (1974): Ein Modell zur Einschätzung des Schweregrades der Koronarsklerose mittels unblutiger Untersuchungsmethoden unter Anwendung der Diskriminanzanalyse. *Das deutsche Gesundheitswesen Heft 51, Berlin: VEB Verlag Volk und Gesundheit.*
- [20] CHURGIN, I. (1976): Formeln – und was dann? Berlin: Verlag Technik.
- [21] TILL, L. (1976): Wie umweltfreundlich ist ein geothermisches Kraftwerk? *Wissenschaft und Fortschritt Heft 10, Berlin: Akademie-Verlag.*
- [22] PESCHEL, M. (Hrsg. nicht genannt) (1977): „Material zur Vorlesung Kennwertermittlung und Modellbildung“ Teil I: Unschärfe Modellbildung und Steuerung. Anwendung auf Probleme der Klassifikation, Zeitreihenvorhersage und Steuerung technischer Prozesse. *Technische Hochschule Karl-Marx-Stadt, Sektion Automatisierungstechnik, Wissensschaftsbereich Technische Kybernetik.*

Von den Anfängen einer objektorientierten Modellierung zur modellgetriebenen Entwicklung verteilter eingebetteter Systeme

JOACHIM FISCHER

fischer@informatik.hu-berlin.de

Am Beispiel eines prototypischen Erdbebenfrühwarnsystems für Istanbul als drahtlos kommunizierendes Maschennetzwerk von kleinen Rechnerknoten, ausgestattet mit preiswerter Sensorik, werden die Stärken eines modellgetriebenen Software-Entwicklungsansatzes gezeigt. Dabei kommen verschiedene objektorientierte Technologien zur Entwicklung verteilter eingebetteter Systeme zum Einsatz. Diese ermöglichen es insbesondere, dass der auf den Knoten zu verteilende ausführbare Code zur kooperativen Analyse seismischer Erschütterungswellen aus abstrakten Struktur- und Verhaltensmodellen in UML, SDL und ASN.1 automatisch generiert werden kann, die vorab verschiedensten modellbasierten Tests und simulativen Untersuchungen und damit iterativen Verbesserungen unterzogen worden sind. Dieser Beitrag ist meinen einstigen Lehrern an der Humboldt-Universität Roswitha März, Christoph Polze und Gunter Schwarze gewidmet.

1 Vorbemerkungen

Nach sechs Semestern Mathematik-Studium an der Humboldt-Universität, u. a. mit einer Ausbildung in Systemanalyse und Programmierung von Analogrechnern (bei Gunter Schwarze), sowie in der Programmierung von Digitalrechnern bei Einsatz von Algol-60 (bei Christoph Polze) und in den mathematischen Grundlagen numerischer Lösungsverfahren von Differentialgleichungen (bei Roswitha März), lernte ich 1976 an der Universität Warschau die Sprache Simula-67 kennen. Seit dieser Zeit begleiteten mich bis heute die Paradigmen *Klasse* und *Objekt*, *aktive* und *passive Objekt-Rolle*, *Ereignis* und *Prozess* sowie *Vererbung* und *Polymorphie*. Zunächst wurden diese Konzepte von der Fachwelt für exotisch gehalten und sowohl für die Modellierung als auch die Programmierung in der Bedeutung unterschätzt. Sie setzten sich erst später, insbesondere mit Smalltalk und C++, als universelle Programmierkonzepte durch und haben heute durch UML/SysML [1] die Systemmodellierung weltweit in voller Breite erfasst. Mehr noch, objektorientierte Metamodelle erobern zunehmend das Terrain der Definition von Computersprachen, insbesondere

von Sprachen mit graphischer Syntax, und lösen mehr und mehr grammatikalische Beschreibungen ab bzw. ergänzen diese.

Dieser Beitrag zeigt am Beispiel der Entwicklung eines prototypischen Erdbebenfrühwarnsystems für Istanbul als drahtlos kommunizierendes Maschennetzwerk von kleinen Rechnerknoten, ausgestattet mit preiswerter Sensorik, die Stärken eines modellgetriebenen Software-Entwicklungsansatzes. Dabei kommen verschiedene objektorientierte Technologien zur Entwicklung verteilter eingebetteter Systeme zum Einsatz. Diese ermöglichen es insbesondere, dass der auf den Knoten zu verteilende ausführbare Code einer kooperativen Analyse seismischer Erschütterungswellen aus abstrakten objektorientierten Struktur- und Verhaltensmodellen automatisch generiert werden kann, die vorab verschiedensten modellbasierten Tests und simulativen Untersuchungen und damit iterativen Verbesserungen unterzogen worden sind. Das Erdbebenfrühwarnsystem selbst ist das Resultat einer mehrjährigen interdisziplinären Zusammenarbeit des Instituts für Informatik der Humboldt-Universität zu Berlin mit dem Deutschen Geo-Forschungszentrum Potsdam [2].

2 Die Herausforderung

Erdbeben kündigen sich nicht an. Alle bisherigen Theorien zur präzisen zeitlichen Vorhersage von Erdbebenereignissen erwiesen sich als nicht haltbar. Bislang bleibt damit nur eine Alternative: Wenn die Erde, beginnend im jeweiligen Ereignisursprung (Hypozentrum) anfängt zu „wackeln“, könnten eventuell weiter entfernte Regionen vor den nahenden Bodenwellen gewarnt werden, wenn man sich die unterschiedlichen Laufzeiten der seismischen Wellen zu Nutze macht.

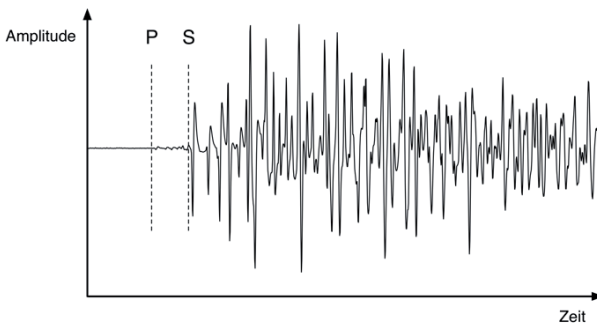


Abbildung 1: Von einem Seismometer erfasste Erdbeschleunigung einer P- und nachfolgender S-Welle

Interessanterweise sind dabei die schnellsten Wellen mit ~ 5 km/s (Primär -oder kurz P-Wellen) energieärmer als die langsameren zerstörerischen Sekundärwellen (S-Wellen) mit ~ 3 km/s. Primärwellen sind demnach als Ankündigungen der gefährlichen S-Wellen bestens geeignet (siehe Abbildung 1). Sie zu erkennen, um herannahende S-Wellen auch quantitativ zu prognostizieren, ist die zentrale Aufgabe eines Frühwarnsystems.

In der Praxis bleiben dafür (in Abhängigkeit der Entfernung vom Hypozentrum) nur wenige bis 100 s nach Erkennung der P-Wellenfront. Mit ihrer Installation lassen sich also lediglich die Auswirkungen von Erdbeben mildern. Nach einem schweren Beben kommt es somit immer darauf an, dass es Einsatzkräften schnellstens gelingt, ein hinreichend zuverlässiges Bild über die Lage (Zerstörungen, Tote, Verletzte usw.) zu erhalten, auch wenn die üblichen Kommunikationsinfrastrukturen zusammengebrochen sein sollten. Katastrophenexperten gehen davon aus, dass sie erste brauchbare quantitative Angaben durch eine Hochrechnung erhalten könnten, wenn denn die Spitzen der Erdbewegungen in einem Raster von 1 km für die betroffenen Regionen vorliegen würden.

3 SOSEWIN – Prototyp eines seismischen drahtlosen Maschennetzwerkes mit Sensorik

Das installierte System SOSEWIN ist nicht nur das weltweit erste drahtlose seismische Maschennetzwerk, sondern kann bei weiterem Ausbau das erste Erdbeben-Rapid-Response-System werden, das in einer dicht besiedelten Metropole mit Messtechnik vor Ort zum Einsatz kommt. Grundlage der Erdbebenfrühwarnung ist die bereits beschriebene Ausnutzung der unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten seismischer Wellen, kombiniert mit einer kooperativen Signalanalyse, an der sich mehrere Seismometerknoten beteiligen.

Seit August 2008 läuft das System SOSEWIN in einer Konfiguration von 20 Knoten stabil und steht für verschiedene Studien zur Verfügung. Das Netz, im Stadtbezirk Ataköy auf Dächern 10-stöckiger Häuser mit Sichtkontakt installiert, ist per Internet mit dem Kandilli Observatorium in Istanbul, mit dem Deutschen GeoForschungsZentrum Potsdam und dem Institut für Informatik in Berlin verbunden (siehe Abbildung 2).

Seismometerbeobachtungen, inklusive permanent erfasster Seismometerrohdaten sowie beliebige Statusinformationen der einzelnen Knoten und ihrer Verbindungen lassen sich von den entfernten Standorten abfragen.

Ebenso wird (zumindest in bestimmtem Rahmen) ein entfernter Softwarekomponentenaustausch unterstützt. Die Einbindung des Systems in die bestehende Frühwarninfrastruktur vor Ort steht jedoch noch aus. Nach Bereitstellung eines Synthesizers für synthetische Erdbebendaten wurde des Weiteren begonnen, systematisch die Reaktion des Systems szenarienorientiert zu

untersuchen. Weitere Erfahrungen mit der SOSEWIN-Technologie konnten durch die Anwendung unserer Netztechnik zur Gebäudeüberwachung im Zuge der intensiven Serie von Nachbeben des L'Aquila-Erdbebens in Italien (April 2009) durch die GFZ-TaskForce Erdbeben gesammelt werden [3].

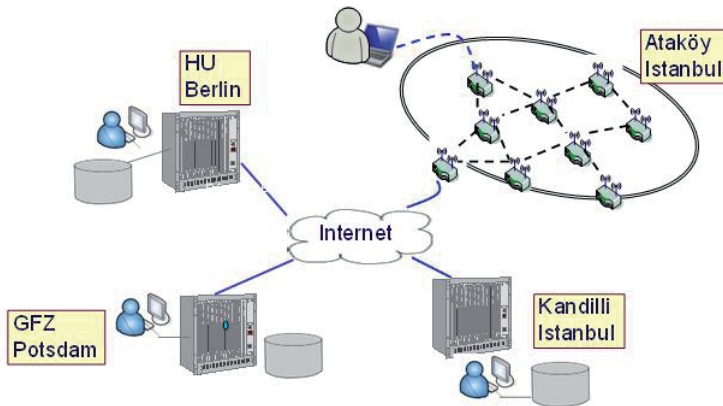


Abbildung 2: Erdbebenfrühwarn- und Rapid-Response-System für Istanbul

4 SOSEWIN – Technische Details

Die eingesetzte Hardware ist dabei mit kostengünstigen drahtlosen Routern vergleichbar, die heutzutage in vielen Haushalten zu finden sind.

Abbildung 3 gibt einen Überblick über die einzelnen Hardware-Komponenten. Die zentrale Komponente ist ein Embedded PC. In der ersten Version wurde hierfür das WRAP-Board (Wireless Router Applications Platform) der Firma PC Engines verwendet. Ausgestattet wurde das WRAP-Board ursprünglich mit einem AMD Geode Prozessor (x86er-Befehlssatz) mit einer Taktung von 266 MHz und 128 MB Arbeitsspeicher. Inzwischen kommen die leistungsfähigeren ALIX-Boards (500 MHz, 256 MB Arbeitsspeicher) derselben Firma zum Einsatz.

Hieran sind über die Mini-PCI-Schnittstelle zwei 802.11 WLAN-Karten angeschlossen. Die normale Konfiguration sieht den Betrieb des Maschennetzwerks über eine WLAN-Schnittstelle vor, während die zweite Karte Benutzern erlaubt, sich mit einem Knoten über seinen Laptop wie mit einem handelsüblichen Access Point zu verbinden, und so auf den Netzwerkknoten oder das gesamte Netzwerk zuzugreifen. Aber auch andere Konfigurationen sind möglich, beispielsweise können beide Karten den Verkehr des Maschennetzwerks weiterleiten falls mehr Bandbreite benötigt wird. Außerdem können

die Karten auch auf das 5 GHz-Band umgestellt werden, um Interferenzen mit anderen Netzwerken zu vermeiden.

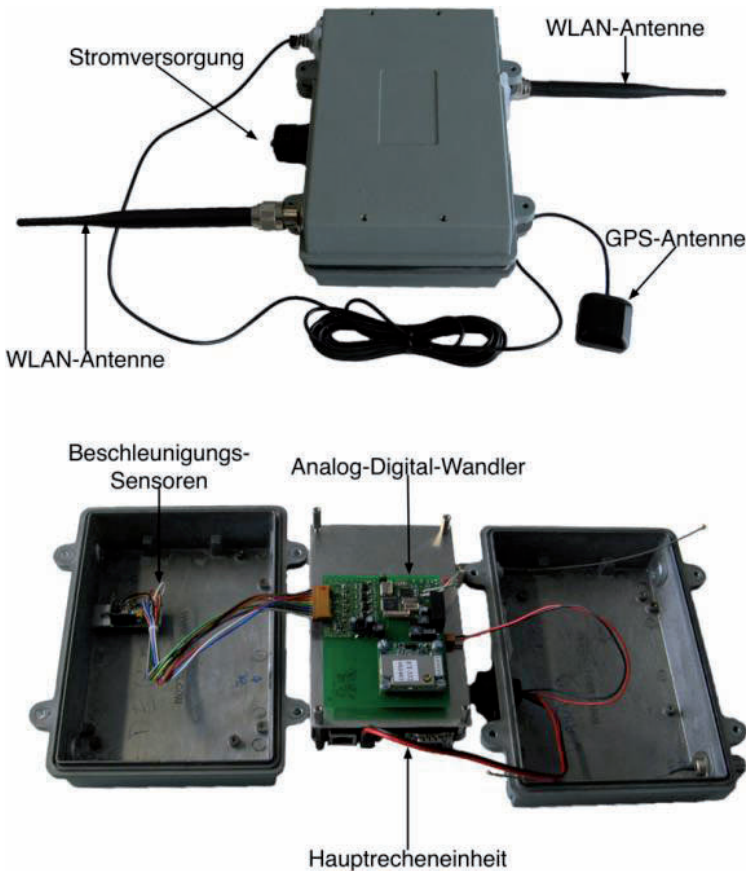


Abbildung 3: Ein SOSEWIN-Knoten

Eine CompactFlash-Karte dient als Massenspeicher für die Software und der Archivierung der anfallenden Messwerte in einem dafür angelegten Ring-speicher. Über die USB-Schnittstelle ist ein eigen entwickeltes Digitizer-Board angeschlossen, dass drei Beschleunigungssensoren (MEMS-Accelerotometers) die orthogonal in X-, Y- und Z-Richtung orientiert sind mit einem Analog-Digital-Wandler misst und mit GPS-Daten (Zeit und Ort) verknüpft. Diese werden dann per USB dem PC bereitstellt. Das modulare Design des Digitizer-Boards erlaubt aber auch den Anschluss fast beliebiger anderer analoger Sensoren. Die gesamte Hardware findet in einem DIN-A5-großen und 4 cm dicken

wetterfesten Metallgehäuse Platz. Weiterhin existiert ein Ethernet-Anschluss, über den als Gateways fungierende Knoten mit dem Internet verbunden werden können, und so auf ein SOSEWIN-Netzwerk weltweit zugegriffen werden kann. Dies ist notwendig um das in Istanbul installierte Netzwerk administrieren oder in bestehende IT-Infrastrukturen integrieren zu können.

Die Software der SOSEWIN-Knoten besteht aus einer mehrschichtigen Software-Architektur (siehe Abbildung 4). Das Betriebssystem der SOSEWIN-Knoten, OpenWrt, ist eine spezielle für eingebettete Systeme entwickelte Linux-Distribution, die die üblichen und für die Funktion als Maschennetzwerk nötigen Softwarekomponenten integriert, wie z.B. das TCP/IP-Kommunikationsprotokoll und den SSH-Server-Dienst. Für die Wegewahl im Maschennetzwerk wird das selbstorganisierende Routingprotokoll OLSR (Optimized Link State Routing) [4] eingesetzt, dass sich in offenen Netzwerken wie dem Freifunk-Netzwerk in Berlin für hunderte von Knoten bewährt hat.

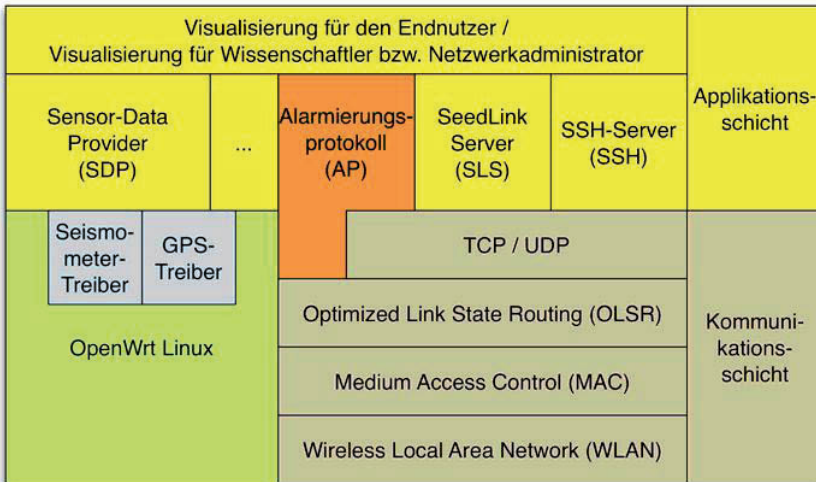


Abbildung 4: Die SOSEWIN-Software-Architektur

Auf Anwendungsebene sind die wichtigsten Komponenten der Seedlink-Server und das Alarming Protocol. Ersterer archiviert und stellt die anfallenden Rohdaten bereit, während das Alarmierungsprotokoll die Logik für eine kooperative Entscheidung über ein möglicherweise gerade stattfindendes Erdbeben und die Alarmierung in diesem Fall realisiert.

5 SOSEWIN – Software-Entwicklung

Bei der Entwicklung der für die Anwendung benötigten IT-Infrastruktur kam ein modellgetriebenes Entwicklungsparadigma zum Einsatz, das eine Konzeptüberprüfung und Fehleranalyse in der Design-Phase der Systementwicklung zum Ziel hat. Unterstützt wird dieses Paradigma durch ein bereitgestelltes GIS-basiertes Framework, welches in Form einer integrierten Umgebung Werkzeuge sowohl zur modellgetriebenen Entwicklung als auch zur Administration derartiger realer Netzwerke bereitstellt. Als eingesetzte Modellbeschreibungsmechanismen kommen bewährte und standardisierte Modellierungssprachen zum Einsatz, ähnliches gilt für die eingesetzten Basistechnologien.

Kern für die Integration der Werkzeuge ist ein Experiment-Managementsystem. Das Entwicklungsparadigma, die integrierte Werkzeugsammlung und das Experiment-Managementsystem werden im Folgenden genauer betrachtet.

Bei der Darstellung wird deutlich werden, dass die im Zusammenhang mit der SOSEWIN-Entwicklung entstandene werkzeugunterstützte Methodik allgemeingültiger ist und insbesondere für die Einsatzvorbereitung unterschiedlicher Maschennetzwerke mit austauschbarer Sensorik, austauschbarer kooperativer Signalanalyse und austauschbarer Alarmierungssoftware o. ä. angepasst werden kann.

5.1 SOSEWIN-Paradigma einer modellgetriebenen Software-Entwicklung

Das SOSEWIN-Entwicklungsparadigma geht von der Bereitstellung von Struktur- und Verhaltensmodellen des zu erstellenden verteilten Systems zur Beobachtung und Bewertung seismischer Signale aus. Dabei werden die

- statische und dynamische Semantik des SOSEWIN-Systems beschrieben,
- simulative Verhaltensanalysen bei Variation bzw. Modifikation von
 - angenommenen Erdbebenereignissen,
 - Signalanalyseverfahren,
 - betroffenen geografischen Regionen,
 - aufgebauten Netztopologien,
 - alternativen Softwarearchitekturen und verwendeten Protokollen durchgeführt und
- letztendlich die automatische Codegenerierung für die spezifische SOSEWIN-Applikationssoftware realisiert.

Kern dieses Paradigmas ist also die geeignete Modelldarstellung, ihre Interpretation sowie die Transformation – und das alles selbstverständlich werkzeugunterstützt.

Typisch für die Anwendung des Paradigmas ist die Durchführung einer Vielzahl systematischer simulativer Tests, die sowohl funktionale als auch nichtfunktionale Eigenschaften untersuchen und bewerten bevor der Zielcode erzeugt wird [5]. Ohne die Bereitstellung eines geeigneten Experiment-Managementsystems mit Datenbankbindung wäre auch diese Aufgabe nicht zu bewältigen gewesen.

Von besonderem Gewicht ist die Tatsache, dass die validierte Verhaltensmodellierung drahtlos kommunizierender Systeme gegenwärtig noch einen Forschungsbedarf aufweist, wo Fortschritte ohne Vergleiche von realem und modelliertem Verhalten undenkbar wären. Die Nutzung des für SOSEWIN entwickelten Experiment-Managementsystems zur Erfassung geloggtter Ereignisse im realen Netzwerk (in Istanbul oder anderswo) und des Vergleiches mit Simulationsergebnissen ist damit ein weiterer wichtiger Aspekt des SOSEWIN-Entwicklungsparadigmas.

Da es sowohl für den Test des realen Systems als auch seiner Simulationsmodelle wiederum bereitgestellter Datensätze verschiedener angenommener Erdbebenereignisse bedarf, die für reale oder gedachte geographische Knotenpositionen vorliegen müssen, ist die synthetisierte Rohdatenbereitstellung eine weitere Anforderung für die Umsetzung des SOSEWIN-Entwicklungsparadigmas.

5.2 Architektur der SOSEWIN-Entwicklungs- und Administrationsumgebung

Die Entwicklung eines selbstorganisierenden Erdbeben-Frühwarn- und Rapid-Response-Systems mit Signalanalyse, verteiltem Alarmierungsprotokoll und Routing-Protokollen stellt eine komplexe Aufgabe dar. Die Umsetzung des SOSEWIN-Paradigmas geht davon aus, dass der Implementation und Installation auf der Zielplattform umfangreiche Modelluntersuchungen vorausgehen. Dabei kommen verschiedene Beschreibungssprachen für die unterschiedlichen Modelle zur Beschreibung von Funktionalität, nichtfunktionaler Leistungsparameter und Umgebungseinflüssen zum Einsatz. Die Untersuchung der durch die Modelle beschriebenen Systeme auf Leistungsfähigkeit und Korrektheit erfolgt jeweils durch Simulation der dynamischen Verhaltensmodelle. Die Erstellung von Simulatoren aus den Modellen ist ein mehrstufiger Transformationsprozess, wobei Transcompiler-Technologien zur Abbildung unterschiedlicher Modellierungssprachen nach C++ zum Einsatz kommen. Danach erfolgt die Kompilation der erzeugten C++-Dateien und das Linken mit Bibliotheken der in C++ implementierten Simulationswerkzeuge, woraus ausführbare Simulatoren entstehen. Diese können dann unter Verwendung einer geeigneten Last für die Analyse verwendet werden.

Die Editoren zur Erstellung unterschiedlicher Modelle, die Repositories zur Speicherung dieser Modelle, die Kompilations- und Transformationswerkzeuge, der Synthesizer von Erdbebendaten, die Simulationsbibliotheken und die jeweils erzeugten Simulatoren Abbildungen zusammen mit dem Experiment-Managementsystem die SOSEWIN-Entwicklungs- und Administrationsumgebung.

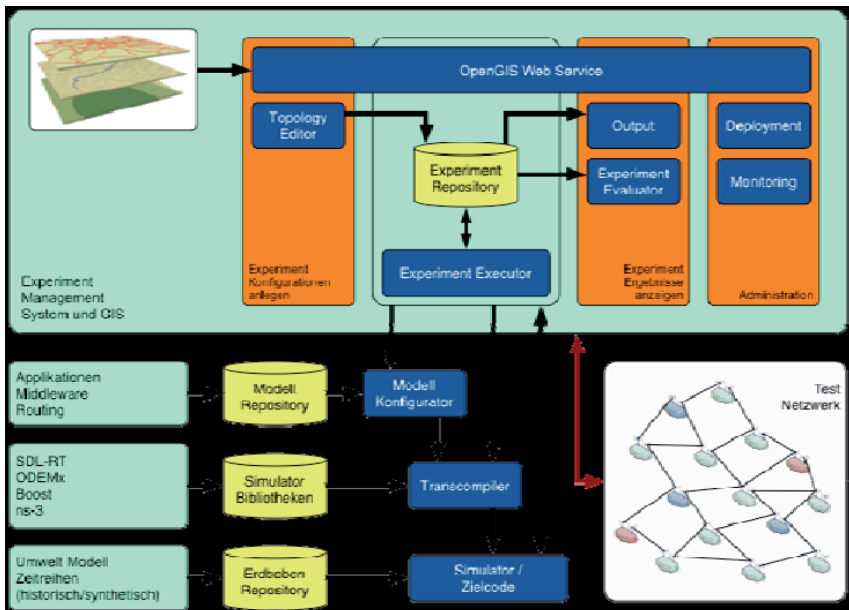


Abbildung 5: Architektur der SOSEWIN-Entwicklungs- und Administrationsumgebung

Abbildung 5 zeigt überblicksmäßig die Architektur dieser Umgebung.

- Das Experiment-Managementsystem ist die zentrale Komponente. Es unterstützt mit einem Topologie-Editor die Planung, Konfiguration und automatische Ausführung von Experimenten unter Verwendung von Modellen und Simulatoren eines Sensornetzes. Darüber hinaus wird auch der experimentelle Test des realen Systems bei vorherigem automatischen Softwarekomponentenaustausch und entfernter Umstellung der Sensordatenerfassung auf die Entgegennahme von Umgebungsdaten aus eingespielten Dateien unterstützt. Zusätzlich wird die Speicherung, Auswertung und Visualisierung der Ergebnisse unterstützt.

- Der graphische Topologie-Editor basiert auf einem Geographischen Informationssystem (GIS), welches wiederum auf der OpenGIS Web Service Architektur des Open Geospatial Consortium (OGC) aufsetzt. So lassen sich beispielsweise leicht mit dem OGC-Standard [6] Web Feature Service (WFS) Knoten in eine bestehende Netztopologie einfügen, ändern und entfernen.
- Die vom Managementsystem benutzten Modellrepositories dienen der Verwaltung von Zustandsautomatenmodellen der Anwendungsprotokolle für die kooperative Signalanalyse und Alarmierung in unterschiedlichen Stufen (Knotenalarm, Gruppenalarm, Systemalarm). Unterstützt werden Modelle in den Sprachen SDL(-RT), UML, ASN.1 und C++ für die Verhaltensdarstellung von Softwarekomponenten der Anwendung, Middleware- oder Routing-Protokollebene [7].

Der Modell-Konfigurator kennt die Zielplattform von SOSEWIN, kann dementsprechend plattformspezifische Software-Artefakte einsetzen um den finalen Cross-Compilationsprozess vorzubereiten. Weiterhin legt er spezifische Eingabeparameter, wie z. B. Schwellwerte für das P-Wellen-Detektionsverfahren und für die Auslösung unterschiedlicher Alarmierungsstufen fest und speichert die Gesamtheit der Konfigurationseinstellung.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Mit SOSEWIN als Prototyp eines mit Sensorik ausgestatteten, drahtlos kommunizierenden Maschennetzwerkes ist es insbesondere gelungen, den zentralen Anspruch zu untermauern, dass selbstorganisierende Systeme in Gestalt derartiger Netztypen durch die Miniaturisierung ihrer Knoten, durch autonome Adaptionfähigkeit und durch niedrige Kosten völlig neue Möglichkeiten eröffnen, komplexe Umweltprozesse zu messen und in Echtzeit kooperativ zu analysieren.

Das für SOSEWIN genutzte modellgetriebene und über eine integrierte Werkzeugsammlung unterstützte Entwicklungsparadigma erwies sich als äußerst qualitätsverbessernd und zeit- und ressourcensparend und kann für die Entwicklung anderer flächendeckender Umweltprozessanalyseverfahren angepasst werden.

Die Entwicklung von SOSEWIN profitierte von der Entwicklung von Basistechnologien des interdisziplinären DFG-Graduiertenkollegs METRIK, das ab Oktober 2010 in einer zweiten Förderphase fortgesetzt wird [8]. Ab September 2010 wird über einen vom BMBF geförderten Technologietransfer in die Wirtschaft, die Serienproduktion von SOSEWIN-Knoten ermöglicht, zunächst für Forschungszwecke, später für den realen Einsatz, um tatsächlich große, flächendeckende Netzwerke studieren und einsetzen zu können.

7 Literatur und Internetquellen

- [1] LANGUAGE, OMG: Unified Modeling. <http://www.omg.org./spec/UML>.
- [2] FISCHER, J.; REDLICH, J.-P.; ZSCHAU, J.; MILKERIT, C.; PICOZZI, M.; FLEMING, K.; LICHTBLAU, B.; KÜHNLENZ, F.; EVESLAGE, I. & BRUMBULLI, M. (2010): Ein Erdbebenfrühwarnsystem für Istanbul. *Proceedings VDE Kongress, Leipzig*.
- [3] PICOZZI, M. ET AL. (2009): Real time monitoring of structures in task force missions: the example of the Mw=6.3 Central Italy Earthquake. *Natural Hazards*, 52 (2), S. 253-256.
- [4] OLSR, RFC 3626. <http://tools.ietf.org/html/rfc3626>.
- [5] FISCHER, J.; KÜHNLENZ, F. & AHRENS, K. (2008): Model-based Development of Self-organizing Earthquake Early Warning System. In *Joint ITU-T and SDL Forum Society workshop on „ITU System Design Languages“*.
- [6] OGC, Open Geospatial Consortium. <http://www.opengeospatial.org>.
- [7] SDL-RT. <http://www.sdl-rt.org>.
- [8] Model-based Development of Technologies for Self-Organizing Decentralized Information Systems in Disaster Management. <http://www.gk-metrik.de>.

Die zitierten Internetquellen wurden zuletzt am 30.08.2010 aufgerufen.

Automatisierungstechnik und Informatik

WERNER RICHTER UND KLAUS-DIETER MÜLLER

prof-w-richter@t-online.de

Technologien haben in allen Entwicklungsstadien der menschlichen Gesellschaft eine dominierende Rolle gespielt – sie haben historischen Perioden der Vor- und Frühgeschichte sogar ihren Namen verliehen: Steinzeit, Bronzezeit, Eisenzeit. Heute ist die Dominanz der Informatik und der ihr zugeordneten Techniken (nennen wir es: Informationstechnologie) ebenso unübersehbar. Innerhalb von wenigen Jahrzehnten hat die Informationstechnologie alle Lebens-, Produktions-, Kommunikations- und Transportbereiche derart durchdrungen, so dass erst ein Nicht-Funktionieren auffällt!

Reflektiert an solchen Phänomenen erscheint es sinnvoll, an einigen Beispielen aus der DDR-Zeit zu zeigen, dass eine Symbiose von Automatisierungstechnik und Informatik vor allem im technischen Bereich wesentliche Beiträge zur Weiterentwicklung sowohl der Wissensgebiete selbst wie auch der produktionstechnischen Anwendungen entstehen ließ.

Anschaulich kommt das in der Ausbildung im universitären Bereich zum Ausdruck. Die ersten Lehrstühle für Regelungstechnik entstanden in den fünfziger Jahren des 20. Jahrhunderts aus der Notwendigkeit heraus, Probleme der Stabilisierung und Optimierung von technologischen Prozessen zu generalisieren, mathematisch beschreiben und letztlich beherrschen zu lernen. Digitale Methoden waren integraler Bestandteil, so dass ein Elektronenrechner sofort Bestandteil von Automatisierungsanlagen wurde, und in der universitären Ausbildung waren Automatisierungs- und Informationstechnik oft auch strukturelle Einheiten. Eine Besonderheit entstand in Leipzig; die TH Leipzig gründete zusammen mit ortsansässigen Kombinat ein sog. „Industrie-Hochschul-Komplex“ (IHK), der durchaus mit heutigen An-Instituten verglichen werden kann. Seine Existenz verdankte er dem Problem, dass neue wissenschaftliche Erkenntnisse in einer streng strukturierten Gesellschaft oft nur verzögert umgesetzt werden können.

Schließlich waren auch viele Hochschullehrer technischer Bildungseinrichtungen der DDR in Internationalen Vereinigungen erfolgreich tätig, z. B. in IMEKO, IFAC oder IAPR.

1 Technologien

Technologien haben in allen Entwicklungsstadien der menschlichen Gesellschaft eine dominierende Rolle gespielt – sie haben historischen Perioden der Vor- und Frühgeschichte sogar ihre Namen verliehen: Steinzeit, Bronzezeit, Eisenzeit. Ihre zeitliche Einordnung ist eher entwicklungsgeschichtlich motiviert und weniger auf bestimmte Regionen oder Kulturkreise bezogen.

Ganz offensichtlich ist die Entwicklung der modernen Industriegesellschaft eng mit den Auswirkungen von Technologien verknüpft [1]. So ist allgemein anerkannt, dass die Eisenstechnologie, also die Gewinnung, Verhüttung und Anwendung von Eisen, zum Ausgang des 18. Jahrhunderts einen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung der Produktivkräfte und damit auf die Gesellschaft insgesamt ausgeübt hat. Selbstverständlich ist die Bedeutung der Eisenstechnologie auch heute weiter ungebrochen, steht aber hinsichtlich ihrer Dominanz, folgt man der Zyklentheorie, eher neben anderen Technologien. Auf den russischen Volkswirtschaftler *N. D. Kondratjew* (1892-1931) geht die Beschreibung von Konjunkturzyklen zurück, die in Abständen von 50 bis 60 Jahren auftreten. Danach wird in größeren Zeitabständen eine bis dahin entwicklungsforcierende Technologie von einer neuen Technologie abgelöst. Die älteren werden zwar nicht verschwinden, verlieren aber ihre dominierende Rolle (sog. *Kondratjew-Zyklen*). Diese Bezeichnung stammt von dem Konjunkturforscher *P. Schlumberger*. Danach folgen auf die Eisenstechnologie die in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts aufkommenden Transporttechnologien für Güter und Personen (Eisenbahn, Dampfschiffe) oder Nachrichten (Post, Telegrafie). Später dominieren Umwandlungstechnologien für Energien und Stoffe (Elektrotechnik, Großchemie).

Deren Steuerung allein durch Eingriffe „von Hand“ erwies sich als höchst problematisch, so dass eine weitgehend selbsttätige Beherrschung zwingend notwendig wurde. Zwar sind schon aus dem frühen Altertum und dem Mittelalter historische Beispiele für selbsttätig ablaufende Vorgänge bekannt, blieben aber eher Kuriosa ohne jegliche wirtschaftliche Bedeutung. Eben diese Bedeutung erlangten Automaten erst mit ihrer Anwendung auf die technischen Prozesse der Energie- und Stoffumwandlung (Kraftwerke, Großchemie). Die Ausweitung auf kleintechnische Lösungen, ob in Industrie, Kommune oder im Haushalt, war dann eine logische Folge. Schließlich führte die auf der Basis von Halbleitertechnologien entstandene Mikroelektronik zu einer rapiden „Computerisierung“ aller Prozesse in der gesamten Gesellschaft – sowohl in allen technischen wie in nichttechnischen Bereichen.

In allen Etappen seiner Entwicklung stand der Mensch vor der Aufgabe, Informationen über Sachverhalte und Vorgänge aus seiner Umwelt zu sammeln, zu bewerten und entweder weiter zu verbreiten oder aber zu horten (Priester oder Schamanen hatten nicht zuletzt deshalb eine Sonderrolle in ihrer jeweiligen Sozietät).

Von weitreichender Bedeutung – man darf wohl mit Berechtigung von revolutionären Wirkungen sprechen – sind dabei drei Entwicklungsstufen:

- Die Entwicklung der Schrift als zuverlässiger Speicher von Informationen. Die nur mündliche Überlieferung wurde ersetzt durch eine versachlichte Fassung der Information („*Erinnerung verschönt, sonst hätten wir keine Märchen*“).
- Die Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern als Möglichkeit der massenhaften Verbreitung von Information (Historiker messen dem Buchdruck als einem der Verbreitungswege reformatorischer Ideen mit den bekannten gesellschaftlichen Folgen größte Bedeutung zu).
- Die maschinelle Verarbeitung von Informationen im Computer.

Letzteres ist nun tatsächlich eine neue Technologie. Während sich beispielsweise seit der Urgesellschaft am Prinzip des Schneidens, des Schleifens oder des Webens wenig geändert hat, eröffnet die Informatik den nahezu grenzenlosen Umgang mit Informationen. Vielleicht ist es diese Grenzenlosigkeit, die auch Ängste vor noch nicht bekannten Auswirkungen aufkommen lässt. Das zu bewerten ist aber nicht Gegenstand der heutigen Veranstaltung.

2 Automation

Ein Versuch, Automatisierungsobjekte in Wirtschaft und Gesellschaft zu generalisieren, führt zwangsläufig auf zwei große Prozessklassen: stofflich- energetisch oder informationstechnisch dominierte Prozesse. Die Automatisierungstechnik lebt von der Gewinnung, der Verarbeitung und Nutzung von Informationen, so dass ein Zusammengehen mit der Informationstechnik zu einer Querschnittstechnik logisch erscheint. An vielen Stellen wird deshalb nicht nur von Automatisierungstechnik, sondern von **Automation** gesprochen. Damit ist der Übergang von einer reinen Technik zu einem disziplinübergreifenden Prozess wohl gut umschrieben.

Die Kybernetik als Basistheorie der Automation liefert dazu theoretische Ansätze und mathematische Modelle nebst Lösungsstrategien für technische, biologische oder ökonomische Systeme und deren Zusammenwirken. In der Informatik als Wissenschaft von der automatisierten Informationsverarbeitung dominieren u. a. Architekturen für Hard- und Software oder die System- und Betriebsgestaltung. Während in der Informatik der Rückkopplungs- und der Steuerungsaspekt weniger interessant sind, bestimmt das Tripel Messen – Steuern – Regeln die Automatisierung und nutzt dazu in zunehmendem Maße die Informatik. Im Bereich der Anwendungen treffen sich beide Disziplinen und sind zum Teil bereits eng verzahnt. Eine solche Entwicklung bahnte sich schon in den fünfziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts an und bildet sich deutlich im Bereich der höheren technischen Bildung ab. Schon vor und nach

dem zweiten Weltkrieg gab es an verschiedenen Bildungseinrichtungen Vorlesungen zu regelungstechnischen Problemen, getragen von Fachleuten, die an solchen Aufgaben gearbeitet hatten. Diese Lehrveranstaltungen waren sporadisch in einzelne Fachrichtungen eingeordnet und blieben damit ohne fachübergreifende Wirkung. Andererseits entstand nach dem zweiten Weltkrieg ein großer Bedarf an Fachleuten mit regelungs- und steuerungstechnischen Kenntnissen, die gerade in der Neuphase der industriellen Entwicklung dringend benötigt wurden.

Das gilt ebenso für die vielschichtigen Entwicklungs- und Kopplungsprozesse von Automatisierungs- und Informationstechnik im Bildungswesen der DDR, der hier natürlich nur schlaglichtartig betrachtet werden kann. Weitere Darstellungen sind in der Literatur zu finden, z. B. [2].

Beispielgebend für den Einzug der Regelungstechnik als selbstständige Disziplin an einer Technischen Hochschule war 1955 die Einrichtung eines Lehrstuhls für Regelungstechnik an der TH Dresden (jetzt TU) für *H. Kindler*. Offenbar war Dresden das Beispiel für die TH Darmstadt, die 1956 für *W. Oppelt* einen Lehrstuhl für Regelungstechnik schuf. Die TH Dresden war ohnehin nach 1945 der einzige Standort höherer technischer Bildung in der Sowjetischen Besatzungszone – alle anderen befanden sich im „Westen“ einschließlich West-Berlin. Die Gründung von Spezialhochschulen (Ilmenau, Merseburg, Magdeburg, Karl-Marx-Stadt (*Chemnitz*), Verkehrshochschule Dresden) erfolgte unter dem Zwang einer breiteren Basis für eine höhere technische Bildung. Dort eingerichtete Lehrgebiete für Automatisierungstechnik und später für Informatik entstanden alle aus der Notwendigkeit heraus, die in den von ihnen vertretenen Technikbereichen auftretenden Probleme der Stabilisierung und Optimierung von technologischen Prozessen zu generalisieren, mathematisch zu beschreiben und letztlich beherrschen zu lernen. Überall waren digitale Methoden (Schaltalgebra) selbstverständlicher Bestandteil, so dass auch der „Prozessrechner“ schnell die mit Operationsverstärkern arbeitenden Analogrechner ablösen und selbst zum Trainings- und Anwendungsobjekt werden konnte.

Wegen des ständig weiter steigenden Bedarfs an hochqualifizierten Ingenieuren wurden im Verlauf der *dritten Hochschulreform* Ende der sechziger Jahre zehn damalige Ingenieurschulen zu Ingenieurhochschulen umgewandelt, so in Leipzig, Dresden, Zwickau, Mittweida, Warnemünde, Weimar, Zittau, Köthen, Wartenberg und Wismar. Hier entwickelten nach allgemeiner Einschätzung besonders die Standorte Leipzig, Mittweida und Zittau eine besondere Kompetenz in der automatisierungstechnischen Ausbildung und Forschung. Die dort formulierten anwendungsorientierten Bildungsziele enthielten durchgängig die Ausbildung in Automatisierungstechnik und Informatik, und mit der Berufung von Lehrkräften anderen Hochschulen und der Industrie

wurde in wenigen Jahren ein ansprechendes theoretisches Niveau mit ausgesprochener Praxisorientierung erreicht.

Bezeichnend für den damaligen Stand waren auch die engen Verbindungen der Hochschuleinrichtungen zu Forschungs- und Entwicklungsstellen der Industriezweige und der Akademie der Wissenschaften. Details dazu z. B. in [2], [3], [4].

3 Beispiele

Ein bemerkenswertes Beispiel für das Ende der achtziger Jahre erreichte breite Anwendungsspektrum einerseits und die enge Verzahnung von Automatik mit der Informatik andererseits war die Sektion Technische und Biomedizinische Kybernetik (TBK) an der TH Ilmenau (jetzt TU): Sie überdeckte die Disziplinen Automatische Steuerungen, Biomedizinische Technik und Bionik (!), Computertechnik, Prozessmess- und Sensortechnik sowie Technische Informatik. Diese Konzentration wurde mit der Neugliederung nach 1990 aufgelöst.

Dabei entstanden andernorts sogar über den nationalen Rahmen hinaus bekannt gewordene Lehrgebiete. So wurde 1974 in Leipzig ein Lehrstuhl für die Projektierung von Automatisierungsanlagen eingerichtet [5]. Hier wurde das Ziel verfolgt, die für Großanlagen typische Komplexität der Teilprozesse, der technologischen Stoff- und der Informationsflüsse bereits schon mit der Aufgabenstellung formalisieren, systematisieren und mit informationstechnischen Mitteln durchgehend abarbeiten zu können. Es ist bekannt, dass mit fortschreitender Realisierung einer Anlage der schöpferische Anteil ab-, der formalisierbare Anteil aber enorm zunimmt. Hier entstanden Leitlinien, die weitgehende Anerkennung fanden.

Oben wurde auf die ausgesprochene Praxisorientierung der damaligen Ingenieurhochschulen verwiesen. Aus den engen Verbindungen mit in Leipzig ansässigen Industriekombinaten bzw. deren Teilbetrieben entstand an der Technischen Hochschule Leipzig, die 1977 aus der Ingenieurhochschule Leipzig und der Hochschule für Bauwesen hervorging, im Jahre 1981 der sog. *Industrie-Hochschul-Komplex* (IHK). Partner waren neben der Sektion Automatisierungsanlagen der TH Leipzig das Gerätewerk Teltow (GRW), Betriebsteil Leipzig, das Kombinat Chemieanlagenbau Leipzig (CLG) und das Kombinat Elektroanlagenbau Leipzig. Diese Einrichtung profitierte von der Verknüpfung eines akademischen Zugriffs auf industrielle Probleme mit der Kenntnis industriell relevanter Aufgaben. Wesentlich war, dass die dort tätigen Lehrkräfte und Mitarbeiter sowohl aus dem Hochschul- wie aus dem Industriebereich kamen. Das war auch juristisch problemlos, weil alles IHK-Personal jeweils weiter Angehörige ihres Entsendebetriebs / Hochschule blieben. Außerdem wurden akademisch begabte Absolventen in den IHK geschickt, um dort praxisrelevante Forschung betreiben und gegebenenfalls promovieren zu

können. Der Begriff „An-Institut“ war zwar noch nicht kreiert, der Inhalt lebte aber schon längst.

Zentrale Aufgabenstellungen für den IHK waren Vorlaufarbeiten für die Anlagenautomatisierung und die Überleitung von Arbeiten für die Projektierungspraxis. Gleichzeitig diente der IHK als Applikationszentrum für die TH Leipzig. Trotz mancher Probleme, die auf das damalige hierarchisch aufgebaute Gesellschaftssystem zurückgingen, war der IHK ein exzellentes Beispiel für die ergebnisträchtige Kopplung von akademischen mit industriellen Einrichtungen. So war gerade die große Industrienähe äußerst vorteilhaft für das Gebiet der Projektierung von Automatisierungsanlagen, für das an der TH ein Lehrstuhl existierte (siehe oben). *W. Bennewitz*, vorher Betriebsleiter des GRW, favorisierte als Chef des IHK die akademisch typische Theorie-Bejahung mit systematischer Herangehensweise und verstand es, das hochschultypisches Denken mit dem Praktikabilitäts- und Projektdenken sowie den umfänglichen Kenntnissen von industriellen Realisierungsmöglichkeiten zu verbinden. Entsprechend waren die Mitarbeiter motiviert. Auf diese Weise entstand eine Lösungskompetenz für hierarchisch strukturierte Automatisierungssysteme, deren Projektierungsmittel zugleich auf die Anwenderbelange zugeschnitten waren. 1990 hatte der IHK 45 Mitarbeiter, davon ein Drittel aus der Industrie, zwei Drittel kamen als Absolventen direkt von der TH Leipzig.

Die Verzahnung von Ausbildung mit Kompetenzen der Industrie und deren Ergebnisse fand Nachahmer. Nach dem Leipziger Vorbild entstand an der TH Magdeburg ein Hochschul-Industrie-Komplex (HIK), der sich auf die Aggregat- und Anlagenautomatisierung orientieren sollte. Eine effektive Arbeit kam aber kaum zustande, da personelle und Sachmittelzusagen seitens der Industrie ausblieben.

4 Organisationen

Ähnlich dem Bildungsbereich gab es auch innerhalb und zwischen wissenschaftlich-technischen Gesellschaften, sowohl auf nationaler wie internationaler Ebene, enge Bindungen zwischen Automatisierungstechnik und Informatik.

Die Organisation aller Mess- und Automatisierungstechniker in Forschung, Bildung und Industrie war die *Wissenschaftlich-technische Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik* (WGMA). Auch aus deren Entwicklungsgeschichte ist die schon frühzeitig eingetretene Kopplung mit der Informatik ablesbar. Hier ein kurzer Abriss: Nach Vorarbeiten wurde 1957 die *International Federation of Automatic Control* (IFAC) gegründet. Auch entstand 1958 die *International Measurement Confederation* (IMEKO). Männer wie *Kindler*, *Görllich*, *Kortum*, *v. Ardenne* und andere erkannten die Notwendigkeit einer

nationalen Organisation für künftige internationale Tätigkeiten. Deshalb erfolgte am 19.01.1961 die Gründung einer *Deutschen Messtechnischen Gesellschaft* (DTMG) in der Ingenieurorganisation Kammer der Technik, die kurze Zeit später (am 14.03.1961) in *Deutsche Gesellschaft für Messtechnik und Automatisierung* (DGMA) und schließlich in *Wissenschaftliche Gesellschaft für Messtechnik und Automatisierung* (WGMA) umbenannt wurde. Gründe dafür waren die Erweiterung der Aufgabenstellung um die Regelungstechnik und die Informations- und Datenverarbeitung sowie die späteren Mitgliedschaften in IFAC, IMEKO. Die WGMA vertrat auch die nationalen Interessen ihrer Fachkollegen in einer weiteren internationalen Organisation, der *International Association of Pattern Recognition* (IAPR).

Mit der Aufnahme des Fachgebiets Informationsverarbeitung wurde bereits 1961 ein wichtiger Schritt in Richtung künftiger Entwicklungen der Mess- und Automatisierungstechnik vollzogen. Außerdem wurde damit der Tatsache Rechnung getragen, dass die Messtechnik als Mittel zur Informationsgewinnung für die Automatisierung ebenso wie die Informationsverarbeitung eng an die automatische Steuerung gebunden ist. Die DGMA sollte also ihrerseits die ohnehin eng miteinander verbundenen Fachrichtungen koordinieren – was letztlich auch gelang.

Aus den ursprünglichen drei Sektionen Messtechnik, Informationsverarbeitung und Automatischer Steuerung entwickelten sich im Lauf der Zeit 25 Fachausschüsse (FA) mit insgesamt 55 Fachunterausschüssen (FUA). Deren Arbeitsinhalte waren zwangsläufig auch informationstechnisch orientiert.

In den internationalen Organisationen waren viele Mitglieder der WGMA aktiv tätig, sowohl in entsprechenden Fachgruppen oder Komitees, zum Teil als deren Vorsitzende oder als Vortragende. Auf dieser Ebene war kurioserweise auch die Zusammenarbeit mit den (west)deutschen Kollegen der GMA (*Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik*), die der WGMA entsprechende fachliche Gliederung des VDIVDE, wesentlich direkter und kollektionaler als auf einem denkbaren, durch politische Vorbehalte aber belasteten unmittelbaren Weg.

Das zeigte sich deutlich in der Zeit nach dem Mauerfall: Nicht nur einzelne Ingenieure, sondern auch die Organisationen WGMA und GMA suchten sofort die Zusammenarbeit mit den Fachkollegen im anderen Teil Deutschlands. Dazu gab es viele Kontakte und Bemühungen auf der Ebene der Fachgremien und der Vorstände (Details hierzu siehe [6]). Sie scheiterten letztlich an organisatorischen und finanziellen Vorbehalten, so dass der Vorstand der WGMA am 14.2.1991 zurücktrat und in einer gemeinsamen Konferenz mit der GMA am 28.2.1991 in Leipzig allen Fachkollegen empfahl, in den ihrem Fachgebiet entsprechenden Fachausschüssen der GMA weiter tätig zu sein. Die Ergebnisse heute bestätigen die Richtigkeit dieses Schritts.

5 Quo vadis, Automation?

Eingangs wurde die temporäre Rolle von Technologien skizziert, und das gilt sicher auch für die Automatisierung und die Informatik, denn durchaus mit biologischen Wachstumsprozessen vergleichbar durchläuft auch eine technische Innovation gewisse Lebenszyklen. Auf eine embryonale Phase folgen Wachstum und Reife, und eine Alterungsphase (nebst individuellem Tod) tritt ein. Aus einer solchen Sicht fällt natürlich auch die Bewertung von technischen Innovationen bei ihrem Auftauchen viel schwerer als in einer späteren Phase, wobei auch die Technikgeschichte bis heute nicht frei von negativen Beispielen ist. So dominierten für dynamische Vorgänge in der Mechanik lange Zeit Differentialgleichungen im Zeitbereich, bis die Regelungstechnik mit Transformationen in den Frequenzbereich hier eine Änderung provozierten. Oder: die Nachrichtentechnik operierte mit harmonischen Funktionen, und erst die Diskretisierung von Signalen brachte hier eine radikale Änderung. In seinem Buch „Mathematik – mein Leben“ beklagt *Norbert Wiener*, dass nicht er, sondern der Ingenieur (!) *Claude Shannon* das Abtasttheorem formuliert hat, eben weil dieser sich von der „klassischen“ Betrachtungsweise lösen konnte.

Die Automation befindet sich weiter in einer ungebremsen Wachstumsphase. Erst kürzlich wurde festgestellt [7], dass erst 10 bis 15 % der Industriebetriebe in Deutschland Automatisierungstechnologien intensiv nutzen. Trotz dieser noch ungenutzten Potentiale gehören deutsche Automatisierungstechnikanbieter mit 12 % Marktanteil zur Weltspitze. Gebraucht werde ein starkes Dreieck aus Herstellern, Anwendern und Forschern. Grundlage dafür seien Hochschulen, die exzellente Ingenieurinnen und Ingenieure ausbilden, welche dazu beitragen, dass Hightech aus Deutschland weltweit an der Spitze bleibe.

Aber auch auf unseren Fachgebieten wird es weiter Irrtümer und Fehlschlüsse geben, und wir sollten skeptisch bleiben bei Zukunftsmodellen, in denen der Mensch nur noch ein Objekt in einer komplexen total vernetzten digitalen Welt bleibt. Natürlich wird die Welt, in der wir leben, sich weiter verändern – forciert durch neue technische Entwicklungen, Innovationen und Technologien. Die Rolle des Menschen wird aber dort dominieren, wo er Entscheidungen zu treffen hat, für sich, für seine Sozietät, für seine Umwelt. Dabei kann ihm die Technik jede erdenkliche Hilfe liefern, nämlich Daten, Modelle, Alternativen. Die Entscheidung bleibt bei ihm.

6 Literatur

- [1] RICHTER, W. (1989): Automatisierungstechnik und Informatik. *spectrum* 20 (7/8), S. 8-11.
- [2] PULLA, R. (1999): Messen – Steuern – Regeln. Automatisierungstechnik im Verbund von Industrie, Hochschule und Akademie der Wissenschaften der DDR. *Tagungsmaterial „Politische Herrschaft und moderne Technik“*. Dresden, 10.12.1999.
- [3] MÜLLER, K.-D. (1987): Arbeitsinhalte verändern sich. *edv aspekte* 6 (2), S. 1.
- [4] MERKEL, G. (2005): Institut für Datenverarbeitung IDV. 32 S. *Stadtarchiv Dresden, Schriftenreihe „Zur Industriegeschichte der Stadt Dresden 1945-1990“*, 30.11.2005.
- [5] WERNER, D. (1983): msr stellt vor: TH Leipzig, Sektion Automatisierungsanlagen, *msr Messen – Steuern – Regeln* 26 (9), S. 527-531.
- [6] LAUBER, R. J. (2006): Die Geschichte der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik GMA. *atp Automatisierungstechnische Praxis* 48 (6), S. 82-89.
- [7] VDI-Nachrichten. *Düsseldorf*, 30.07.2010.

Die Gestaltung von Informationssystemen aus der Sicht eines Logikentwerfers beim Hardwareentwurf von DV-Anlagen des ESER

WOLFGANG LAMPENSCHERF

wolani@web.de

Im Beitrag soll an Beispielen deutlich gemacht werden, welche Überlegungen von Logikentwerfern beim VEB Kombinat Robotron in Karl Marx Stadt (Chemnitz) den Hardwareentwurf von ESER-DV-Anlagen bestimmt haben bzw. beeinflussen konnten. Nach der Darstellung der grundlegenden Entscheidungen für die Entwicklungslinie des ESER werden verschiedene Aufgabenkomplexe beim Hardwareentwurf sowie die einzuhaltenden Randbedingungen und einige Aspekte der verbliebenen Freiheitsgrade für die Logikentwerfer angeführt. Dabei ist das Spannungsfeld zwischen Kreativität und Innovationslust der Logikentwerfer auf der einen Seite und der mehr oder weniger restriktiven Leitung des Entwurfs- bzw. Entwicklungsprozesses sowie der begrenzten Zeit- und Materialressourcen andererseits Gegenstand der Betrachtung. An einigen Beispielen werden die aus diesem Spannungsfeld resultierende Arbeitsweise sowie erzielte Ergebnisse dargestellt. Abschließende Bemerkungen charakterisieren die Möglichkeiten und Probleme der Zusammenarbeit von Hardware- und Softwareentwicklern im Hause Robotron in Karl-Marx-Stadt.

1 Die strategischen Entscheidungen und Konzepte für die Entwicklung von ESER-DV-Anlagen in der DDR

Die strategisch wichtigen Entscheidungen, die den gesamten Entwicklungsprozess von ESER-DV-Anlagen im VEB Robotron bestimmt haben, sowie die dazugehörigen Hintergrundinformationen sind in [2] ausführlich dargestellt. Hier sei nur noch einmal wiederholt, dass die funktionelle Basis der ESER-DV-Anlagen der Reihe 2 (siehe [1]) sich an den Operationsprinzipien des Systems 370 von IBM orientierte. Die Daten- und Programmkompatibilität zu diesen IBM-Anlagen war zu gewährleisten. (Diese Entscheidung bekam ungewollt für einige Hardware- bzw. Programmentwickler eine besondere Bedeutung, da sie ihre Arbeitsmöglichkeiten nach der „Wende“ entscheidend verbessert hat.)

Vor der Realisierung einer DV-Anlage sind in aller Regel diverse Konzepte zu erarbeiten, die die Orientierungsrichtlinien für den Entwicklungsprozess enthalten. Von diesen Konzepten seien hier erwähnt:

- das logisch funktionelle Konzept (LFK)
- das Konzept der technischen Realisierung
- das Softwarekonzept
- das Fertigungs- und Vertriebskonzept
- das Wartungs- Reparatur- und Anwenderbetreuungskonzept
- das Ein-Ausgabegerätekonzept

Da Logikentwerfer für den funktionellen Teil einer DV-Anlage zuständig sind, ist für sie im Allgemeinen das LFK das wichtigste Dokument. In dieser recht umfangreichen Schrift werden die zu schaffenden Verarbeitungs- und Datenspeicherfunktionen im Rahmen der Operationsprinzipien detailliert beschrieben. Die Aufgabe für die Logikentwerfer besteht nun darin, auf der Basis der zur Verfügung stehenden Bauelemente, die beschriebenen Funktionen zu realisieren. Dabei sind die Richtlinien und Vorgaben aus dem Konzept der technischen Realisierung zu berücksichtigen. Die jeweiligen technologischen Möglichkeiten, die der Bauelementehersteller beherrscht, bestimmen dabei die erzielbare Packungsdichte, die gesicherten Schaltzeiten sowie die auftretende Verlustleistung in Verbindung mit dem Kühlungsbedarf der Bauelemente. Es ist leicht einzusehen, dass auf dieser Basis die Grenzen für die erzielbare Leistungsfähigkeit einer DV-Anlage weitgehend festgelegt sind. In aller Regel erfordert eine höhere Leistung auch einen erhöhten Schaltkreisaufwand, z. B. durch die Vergrößerung der Verarbeitungsbreite oder auch durch die Parallelisierung von Verarbeitungs- und Steuerungsabläufen.

Um hier zu tragbaren Kompromissen zu kommen, wird üblicherweise eine zusätzliche Steuerungsebene, die Mikroprogrammierung, eingesetzt. Es handelt sich dabei um eine spezielle auf den jeweiligen DV-Anlagentyp bezogene interne Steuerung, die den Ablauf der Verarbeitung in den eigentlichen Bauelementen kontrolliert. Der für die Realisierung der Mikroprogrammsteuerung zusätzlich erforderliche Bauelementeaufwand hält sich in Grenzen, bietet aber die Möglichkeit zur Schaffung einer universellen Funktionalität der DV-Anlage. Eingedenk dieser Vorgehensweise versteht der Logikentwerfer unter Hardware sowohl die eigentliche Bauelementebasis als auch die Mikroprogramme (mit Mikroprogrammsteuerwerk) mit deren Hilfe die Schaltkreise gesteuert werden. So gesehen besteht z. B. die Ausführung eines Additionsbefehles aus dem Ablauf eines Mikroprogrammes, welches die Durchführung der Additionsfunktionalität einschließlich der Adressenbildung und der Operandenzugriffe zum Hauptspeicher auf der „eigentlichen“ Hardware steuert. Es liegt in der Natur der Sache, dass Mikroprogramme nur in Verbindung mit dem für sie bestimmten Schaltkreisentwurf sinnvoll verwendet werden können.

Die je nach zu realisierender Funktion unterschiedlich langen und komplexen Mikroprogramme werden in einem Mikroprogrammspeicher, der früher häufig als ROM ausgeführt war, untergebracht. Die in der Folgezeit eingeführten ladbaren Mikroprogrammspeicher stellten aber ein weites Feld für eine erweiterte Funktionalität einer DV-Anlage dar, und wurden in diesem Sinn auch zu einer Herausforderung für die Kreativität von Logikentwerfern.

Für seine Arbeit steht dem Logikentwerfer üblicherweise ein leistungsfähiges Unterstützungssystem zur Verfügung. Es handelt sich dabei z. B. um ein Simulationsprogramm, mit dessen Hilfe die Funktionen der entworfenen Logikkomplexe einschließlich der dazugehörigen Mikroprogramme simuliert werden können. Ein sehr großer Teil von Entwurfsfehlern lässt sich damit bereits in der Frühphase des Entwicklungsprozesses finden und korrigieren. Der neue Rechner wird gewissermaßen auf einer bereits bestehenden DV-Anlage als Softwarelösung dargestellt und getestet. Bei seiner Entwurfsarbeit hat der Logikentwerfer neben dem Bestreben nach möglichst geringem Schaltungsaufwand auch auf die Platzierung seiner Logik auf Steckeinheiten zu achten. Signallaufzeiten, der Anschluss an die zu verwendende Taktsteuerung, aber auch die Erreichbarkeit für das Fehlererkennungs- und -maßnahmesystem spielen dabei eine wichtige Rolle. Die umrissenen Aufgaben gehören zur „Pflicht“ bei der Logikentwurfsarbeit.

2 Gestaltungsräume der Logikentwerfer

Neben der pflichtgemäßen Realisierung aller im LFK spezifizierten Verarbeitungs-, Speicher- und Steuerfunktionen der zu entwickelnden DV-Anlage ergeben sich für den Logikentwerfer gewissermaßen als „Kür“ weitere Gestaltungsspielräume. Vorzugsweise betreffen diese Spielräume solche Systemkomponenten, deren Existenz nicht vorgeschrieben oder deren Funktionen nicht exakt definiert sind. Folgende Beispiele aus dem persönlichen Erfahrungsbereich des Autors sollen betrachtet werden:

- Die Befehlsvorbereitungseinheit
- Schaltkomplexe zur Fehlererkennung und Systemdiagnose
- Funktionserweiterungen auf der Basis von Mikroprogrammen

Diese Liste umfasst nur einen Ausschnitt aus den vorhandenen Möglichkeiten. Größere Objekte, wie z. B. der Matrixmodul oder der Bedien- und Serviceprozessor, erfordern im Allgemeinen einen separaten Entwicklungsprozess und sollen hier nicht Gegenstand der Betrachtung sein (siehe [4], [5]).

2.1 Die Befehlsvorbereitungseinheit (BVE)

Zur Abarbeitungsfolge von Programmbefehlen in einer DV-Anlage gehören unter anderem solche Aktivitäten wie das Lesen der Befehle und der zu verarbeitenden Operanden aus dem Hauptspeicher mit vorhergehenden eventuell notwendigen Adressenmodifikationen. Erst nach Ausführung dieser Vorbereitungen kann die eigentliche Befehlsausführung, die Operandenverknüpfung, begonnen werden. Die Idee einer BVE besteht nun darin, diese Vorbereitungsaktivitäten bereits während der Befehlsausführung von vorangehenden Befehlen ablaufen zu lassen. Durch diese Parallelarbeit bei der Befehlsausführung sollte sich ein bemerkbarer Gewinn für die Geschwindigkeit der Befehlsabarbeitung erzielen lassen.

Die Größe des erzielbaren Gewinns hängt jedoch nicht nur von der „Tiefe“ der realisierten Parallelisierung (wie viele Befehle können im Vorgriff aufbereitet werden) ab, sondern auch von der Anzahl der Fälle, in denen eine bereits erfolgte Befehlsvorbereitung wieder verworfen werden muss. Ein solcher Fall liegt z. B. dann vor, wenn durch einen Befehl Adressen oder Operanden modifiziert werden, die in einem bereits vorbereiteten Befehl in noch unmodifizierter Form benutzt wurden. Solche Koinzidenzen müssen erkannt werden und eine Serialisierung auslösen, die eine korrekte Befehlsausführung gewährleistet.

Da die Operationsprinzipien lediglich die korrekte Ausführung der Befehle in einer Befehlsfolge fordern, ergibt sich hier ein Gestaltungsraum für den kreativen Logikentwerfer. Die Variation der Parallelisierungstiefe aber auch die Verdopplung der Befehlsvorbereitungslinien beim Erkennen von bedingten Verzweigungsbefehlen bieten sich an. Das Ziel ist die Vermeidung möglichst vieler Wartezyklen, die bei der Befehlsabarbeitung entstehen können.

Die im VEB Robotron Karl-Marx-Stadt entwickelten ESER-DV-Anlagen verfügen über Befehlsvorbereitungseinheiten.

In diesem Zusammenhang sei auf einen Gesichtspunkt hingewiesen, der die nach meiner Meinung unzureichende Zusammenarbeit von Hard- und Softwareentwicklern betrifft. Softwareentwickler (Betriebssystem-, Compilerentwickler im Besonderen) sollten von der Möglichkeit der Existenz und der Funktionsweise einer BVE wissen, um bei ihrer Arbeit die Fälle der erwähnten Koinzidenzen möglichst klein zu halten. Durch häufig mögliche, einfache, formale Umstellungen von Befehlen in einer Folge ließen sich bemerkbare Beschleunigungen der Befehlsausführung erreichen (siehe Abbildung 1). Eine Aufgabe für das Management von DV-Anlagenentwicklungen besteht also darin, die Kommunikation zwischen Hard- und Softwareentwicklern zu organisieren.

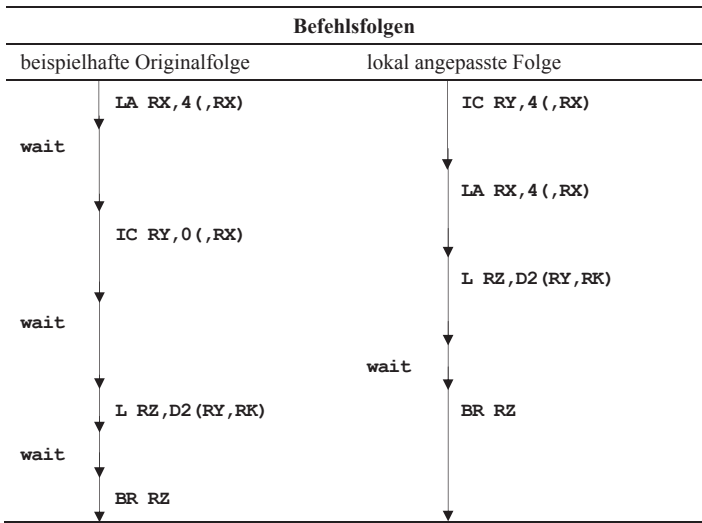


Abbildung 1: Lokale Anpassung von Befehlsfolgen

2.2 Verbesserungen des Fehlermaßnahmesystems

Die Gestaltung von Hardwarekomplexen des Fehlermaßnahmesystems unterliegt weitgehend den grundlegenden Entwurfsdirektiven. Prinzipiell eröffnet sich hier ein reiches Betätigungsfeld für Logikentwerfer. Die Spannweite reicht von fehlertoleranten Schaltungsgebilden in Mehrfachausführung mit Majoritätslogik bis zu eher „spartanischen“ Hardwarelösungen, die umfangreiche und zeitraubende Aktivitäten erfordern, um einen aufgetretenen Fehler zu diagnostizieren und zu beseitigen. Üblicherweise werden hier Kompromisslösungen gesucht, die durch Hard- und Softwareeinsatz eine Fehlerlokalisierung bis auf Steckeinheitenebene mit vertretbarem Zeitaufwand ermöglichen. Ein häufig verwendetes Verfahren besteht in der Bereitstellung geeigneter Testprogramme, die mit speziellen Testdatenbeständen die Funktionsfähigkeit der Hardware überprüfen. Der Nachteil dieses Verfahrens liegt darin begründet, dass zum Test nur die regulären Befehle mit den für sie definierten Operanden benutzt werden können. Bestimmte Hardwareteile sind jedoch auf diese Weise nur schwer erreichbar, weil sie eine Fehlfunktion erst nach dem Ablauf ganz spezieller Befehlsfolgen erkennen lassen. Um derartige Schaltungsteile auch unabhängig von der Ausführung bestimmter Befehle oder Befehlsfolgen überprüfen zu können, wurde ein Verfahren entwickelt, dass sich vereinfacht wie folgt beschreiben lässt.

Im Regelfall besteht ein Schaltungskomplex aus einem Eingangsregister, welches mit den Eingangswerten für eine angeschlossene Verknüpfungslogik

geladen werden kann. Die Ergebnisse der Verknüpfung werden in einem Ausgangsregister aufgefangen. Die grundlegende Idee besteht nun darin, dass die Register neben dieser ihrer Normalfunktion auch über eine Schieberegisterfunktion verfügen (siehe Abbildung 2). Durch geeignete Zusammenschaltung der Register lässt sich somit für Testzwecke ein zum normalen Betrieb orthogonaler Datenweg nutzen. Über eine relativ einfache Steuerlogik lassen sich die Testdaten und die Ergebnisdaten seriell durch diesen Weg schieben und bieten die Möglichkeit, bis auf Gatterniveau zu testen. Die Taktversorgung T1 und T2 gewährleistet die Normalfunktion, während über die Schiebelinien E und A die Testeingangsdaten und die Testresultatdaten seriell verarbeitet werden können.

Obwohl diese als Diagnosebus bezeichnete Testeinrichtung bei ESER-DV-Anlagen nicht realisiert wurde, zeigt sich, dass für den Logikentwerfer viele Möglichkeiten existierten, mindestens Vorschläge für die Gestaltung einer Hardware auch über das Pflichtprogramm hinaus zu machen.

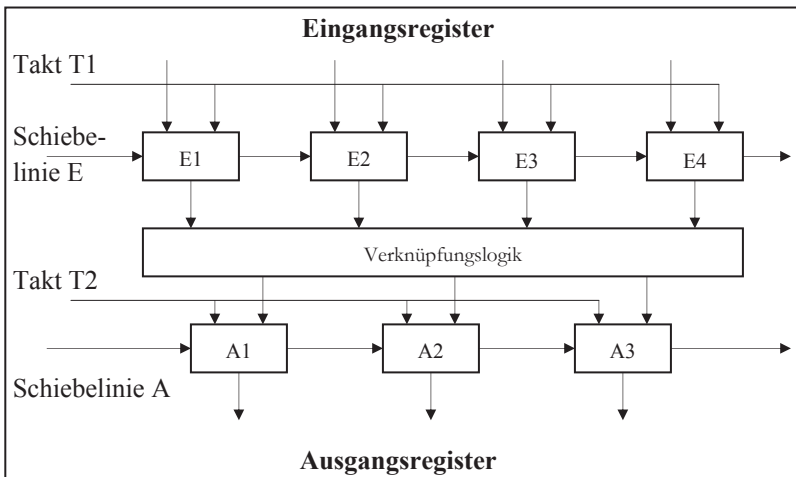


Abbildung 2: Diagnosebus (vereinfacht)

2.3 Funktionserweiterungen auf der Basis von Mikroprogrammen

Speziell durch den Übergang zu größeren Programm- bzw. Datenkomplexen wurden neue Konzepte für das Speichermanagement benötigt. Wie bekannt, wurde in diesem Zusammenhang das Konzept des virtuellen Speichers mit einer dynamischen Adressumsetzung entwickelt. Dabei werden virtuelle Programm- oder Operandenadressen über einen in der Hardware realisierten Umsetzungsmechanismus (DAT) in reale Hauptspeicheradressen umgewandelt.

Für die Anwendungsprogramme bleibt dieser Vorgang transparent. Welche Adressbereiche sehr großer Adressräume dabei im Hauptspeicher resident gehalten werden und welche auf Massenspeicher ausgelagert werden, obliegt der Steuerung des Betriebssystems. Eine Verallgemeinerung dieser „virtuellen“ Arbeitsweise wurde mit der Einführung des Systems virtueller Maschinen (SVM/ES) erreicht. Hier kann durch ein spezielles Betriebssystem die reale Hardware einer DV-Anlage mehreren Gastsystemen in jeweils einer virtuellen Maschine zeitgeteilt zur alleinigen Nutzung zur Verfügung gestellt werden. Diese Arbeitsweise ist insbesondere für Betriebssystementwickler sehr vorteilhaft. Es ist ohne weiteres einzusehen, dass sowohl die dynamische Adressumsetzung als auch der Betrieb virtueller Maschinen einen erheblichen Steuerungsaufwand erfordern. Der zusätzliche Zeitaufwand für die Steuerung war mit Hardwaremitteln, insbesondere durch mikroprogrammierte Lösungen zu verringern. Für die Mikroprogrammierer ergab sich hier ein weites Feld zur kreativen Betätigung.

2.3.1 Mikroprogrammierte Unterstützung des SVM/ES

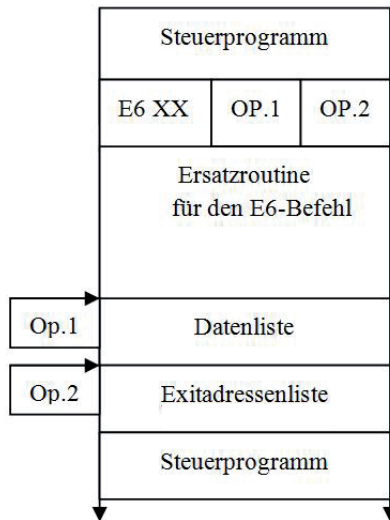
Der zugehörige Firmwarekomplex, d. h. die mit Mikroprogrammen realisierten zusätzlichen Funktionen, wird allgemein als die SVM/ES-assists bezeichnet.

Da alle Gastbetriebssysteme unter SVM/ES im realen Problemzustand laufen müssen, ergibt sich ein großer Zusatzaufwand z. B. für die Behandlung der Privilegierungsausnahmebedingungen, die bei der legitimen Ausführung von privilegierten Befehlen in den Gastsystemen auftreten. Hier liegt ein Schwerpunkt der SVM/ES-assists.

Ohne auf Details einzugehen, werden nachfolgend deren wesentliche Funktionen skizziert. Dabei werden die Basis-assists (SVMA), die erweiterten assists (ESVMA), die Steuerprogramm-assists (CPA) sowie einige neue Funktionen unterschieden. In den DV-Anlagen des ESER Reihe 2 wurden bei Robotron große Teile dieser Unterstützungen realisiert. Die vorhandenen Entwicklerkapazitäten begrenzten deren Umfang.

- *Die Modifikation bestehender Befehle.* Hierzu gehört der Großteil der privilegierten Befehle, die durch SVMA bzw. durch ESVMA behandelt werden können. In vielen Fällen erlauben die assist-Funktionen von SVMA diese Befehle für das Gastsystem direkt, ohne Aktivität des SVM/ES, auszuführen. In Sonderfällen, wo das nicht möglich ist, wird die dann unvermeidbare Unterbrechungsbehandlung durch das SVM/ES mit den Funktionen von ESVMA vorbereitet. Ein wesentlicher Teil von ESVMA umfasst dabei die mikroprogrammierte Rettung der Universal- und Gleitkommaregister, der Timer sowie weitere Vorbereitungen. ESVMA übergibt anschließend die Steuerung an eine Adresse, die von SVM/ES für diesen Fall bereitgestellt wurde.

- *Die Modifikation der Unterbrechungsbehandlung.* Hierher gehört z. B. der von SVMA unterstützte SVC-Befehl eines Gastsystems, der ohne Eingriff des SVM/ES zu einer SVC-Unterbrechung im Gastsystem führt. Ein weiterer Ablauf dieser Kategorie wird mit page-invalid-interrupt-routine (PIIR) bezeichnet. Bei der Arbeit mit DAT im Gastsystem wird eine doppelte Adressumsetzung erforderlich, deren Ergebnis in sogenannten Schattentabellen niedergelegt wird. Diese Aufgabe kann ebenfalls durch die mikroprogrammierte PIIR erledigt werden. Nach erfolgreicher PIIR kann der auslösende Befehl wiederholt werden, ohne dass SVM/ES eingreifen muss.
- *Die Funktionen der Steuerprogramm-assists (CPA).* Für alle die Fälle, in denen eine Aktivität des SVM/ES unerlässlich ist, wurde versucht, durch neue Funktionen die Arbeit dieses Steuerprogramms zu beschleunigen. Dazu wurden neue Befehle kreiert, die in sich die Funktionen kleiner häufig durchlaufener Befehlsfolgen vereinen. Repräsentiert werden diese neuen SS-Format-Befehle durch den Befehls-code X'E6' (das 2. Befehlsbyte enthält einen Subcode X'00' ... X'13'). In das Steuerprogramm sind diese Befehle gemäß Abbildung 3 eingebettet. Die beiden Operandenadressen kennzeichnen jeweils den Beginn einer Datenliste bzw. einer Exitadressenliste. In diesen Listen sind Parameter enthalten, die bei der Ausführung des Befehls benutzt werden. Auf den E6-Befehl folgt im Programmtext die Steuerprogrammroutine, deren Funktion der E6-Befehl realisiert. Während der Initialisierungsphase des Betriebssystems wird geprüft, ob CPA in dem jeweiligen Prozessor vorhanden ist. Fehlt CPA, werden vom Betriebssystem alle E6-Befehle mit NOP-Befehlen überschrieben. Damit ist gesichert, dass das System auch auf Prozessoren ausgeführt werden kann, die nicht über CPA verfügen.
- *Weitere Funktionserweiterungen auf der Basis von Mikroprogrammen.* Als Beispiel weiterer systemeffektivierender Funktionen soll hier noch die Unterstützung virtueller Intervallzeitgeber (VITA) erwähnt werden. Mit dieser Funktion kann Programmen in einer virtuellen Maschine ein genauerer Intervallzeitgeberwert zur Verfügung gestellt werden. Die Aktualisierung des virtuellen Intervallzeitgeberwertes erfolgt durch VITA immer dann, wenn während der Arbeit der zugehörigen virtuellen Maschine der reale Intervallzeitgeberwert aktualisiert wird.



*Abbildung 3: Struktur der E6-Befehlseinbindung
in das Steuerprogramm SVM/ES*

2.3.2 Mikroprogrammierte Unterstützung einer höheren Programmiersprache

Besonders die Forderung nach Übertragbarkeit von Software auf verschiedene Rechnerarchitekturen ließ in der Vergangenheit eine Tendenz bei den Compilern entstehen, die darin bestand, Quellprogramme nicht in eine der üblichen Maschinensprachen sondern in eine von der realen Hardware unabhängige Zwischensprache zu übersetzen. Solche Zwischensprachen besitzen in der Regel ein höheres Niveau als reale Maschinensprachen und sind den funktionellen Erfordernissen der Quellsprachen angepasst. Man kann die Zwischensprachen auch als Maschinensprachen hypothetischer Rechner betrachten. Häufig wird dabei auf die Architektur eines hypothetischen Stackcomputers orientiert. Programme, die in einer Zwischensprache vorliegen, sind auf den üblichen Rechnerarchitekturen nicht direkt ausführbar, sondern müssen vorher entweder in die Maschinensprache eines realen Rechners übersetzt werden oder mit Hilfe eines Interpretationsprogramms abgearbeitet werden. Die Idee für eine mikroprogrammierte Unterstützung betraf die Effektivierung dieser interpretierenden Arbeitsweise.

Als Grundlage für die experimentellen Untersuchungen wurde ein vorhandenes, arbeitsfähiges PASCAL-P-System verwendet. Das PASCAL-P-Laufzeitsystem beinhaltet ein Interpretationsprogramm, für welches neue Befehle zu seiner beschleunigten Abarbeitung geschrieben wurden. Freie Kapazitäten

des ladbaren Mikroprogrammspeichers der Zentraleinheit EC2655.M konnten für diese neuen Befehle genutzt werden. Für die Befehle wurde der Befehlscode X'E4' mit einem Subcode im zweiten Befehlsbyte vereinbart. In der ersten Phase wurden zwei SS-Format-Befehle entwickelt:

INTERPR - (X'E400') – Funktion der zentralen Steuerschleife
LDC - (X'E401') – P-Code-Befehl: „Lade Konstante in Stack“

Diese Befehle entsprechen den dargestellten kleinen Befehlsfolgen:

LDC LA R4,4(,R4) R4 – stack-pointer
CLR R4,R3 R3 – heap-pointer
BNL ERMES1 R8 – instruction-pointer
LH R0,2(,R8)
ST R0,0(,R4)
R INTERPR

ist äquivalent zu

LDC DC X'E401', S(2,(R8),4(R4))
DC X'E400', S(4(R8),TABLE)
B ERMES1

wobei gilt

INTERPR IC RA,4(,R8)
LA R8,4(,R8)
L R1,TABLE(RA)
BR R1

welches äquivalent ist zu

INTERPR DC X'E400', S(4(R8),TABLE)

Nach Einführung der Befehle E400 und E401 sowie von zwei weiteren P-Code-Befehlen in das Interpretationsprogramm ergab sich ein Laufzeitgewinn von ca. 23 %. Obwohl die beschriebenen Mikroprogramme nur für experimentelle Zwecke geschaffen wurden, zeigte sich doch, dass der eingeschlagene Weg durchaus Erfolg versprechend war.

3 Einige Bemerkungen zur Zusammenarbeit von Hard- und Softwareentwicklern im Hause Robotron KMST

Es ist ein großer Vorteil, bei der Entwicklung einer DV-Anlage auf bereits fertig formulierte Funktionsprinzipien zurückgreifen zu können. Sowohl die Funktions- als auch die Konsistenz- und Kompatibilitätsprüfungen dieser Prinzipien, ganz zu schweigen von ihrer Herstellung, können eingespart werden. Man kann auf dieser Basis Hardware- und Softwareentwickler weitgehend

unabhängig voneinander entwickeln lassen. Wenn fehlerfrei gearbeitet wurde, sollten die jeweiligen Entwicklungsergebnisse zueinander passen. Die entwickelte Software sollte auf der entwickelten Hardware operationsprinzipiengemäß ausgeführt werden können. Der reale Entwicklungsprozess solch hochgradig komplexer Gebilde wie der Hard- bzw. Software einer DV-Anlage bedarf jedoch zweckmäßigerweise einer Reihe zusätzlicher Verfahren und Hilfsmethoden. Die Simulation der entwickelten Hardware mittels eines Simulationsprogramms wurde bereits erwähnt. Weitere Hilfsprozesse resultieren aus den Aufgabenbereichen der Chipplatzierung auf den Steckeinheiten und der Trassierung dieser Mehrlagenleiterplatten sowie der Rückverdrahtung. Damit ergibt sich zwangsläufig eine gewisse Zusammenarbeit der Hardwareentwickler mit den Entwicklern dieser entwurfsunterstützenden, spezifischen Software. Für die Beziehungen der Hardwareleute zu den Betriebssystem- bzw. Compilerentwicklern ergeben sich solche Zwänge bei festliegenden Operationsprinzipien nicht unbedingt. Wie bereits erwähnt, könnte sich aber z. B. das Wissen über die Existenz und Funktionsweise einer BVE bei den Softwareleuten durchaus positiv auswirken (siehe 2.1). Lokal angepasste Programmteile des Betriebssystems aber auch von Compilern samt deren Übersetzungsergebnisse könnten Laufzeitverbesserungen für die Programme ergeben.

Ein Zwang zur Zusammenarbeit der entsprechenden Entwicklergruppen besteht in jedem Fall bei der Realisierung von Mikroprogrammen zur Unterstützung des Betriebssystems oder anderer Anwendungssoftware (siehe 2.3). Die Spezifikation solcher Funktionen, die ja eine Erweiterung der Operationsprinzipien darstellen, sollte unbedingt als Gemeinschaftsprojekt verstanden werden. Sowohl die Wirkung als auch die Verwendungsprinzipien der Zusatzfunktionen bzw. neuen Befehle erfordern eine enge Kommunikation zwischen Hard- und Softwareentwicklern.

Im Hause Robotron war der Informationsaustausch bzw. die Zusammenarbeit zwischen den betreffenden Arbeitsgruppen im dargestellten Sinne weitgehend der Initiative einzelner Mitarbeiter überlassen. Dadurch wurde sicher so mancher Synergieeffekt verschenkt.

4 Literatur und Internetquellen

- [1] AUTORENKOLLEKTIV (1979): Funktionsprinzipien des ESER, Reihe 2. *Schriftenreihe Informationsverarbeitung*.
- [2] MERKEL, G. (2006): Computerentwicklungen in der DDR – Rahmenbedingungen und Ergebnisse. In: Naumann, F., Schade, G. (Hrsg.), *Informatik in der DDR – eine Bilanz, Schriften zu den Symposien 7. bis 9. Oktober 2004 in Chemnitz und 11. bis 12. Mai 2006 in Erfurt*, S. 40-54.

- [3] LAMPENSCHERF, W.; LINZMANN, D. & OTTO, H. (1981): Die Zentraleinheit EC2655M. *rechentechnik/datenverarbeitung* 18 (2).
- [4] GEIBLER, R.; RIESEN, M.; SEIFERT, F.; DR. GRUNER, R. & WENDLIK, K. (1981): Matrixmodul. *rechentechnik/datenverarbeitung* 18 (2).
- [5] MARSCHNER, R. (1984): Bedien- und Serviceprozessor EC7069 M. *rechentechnik/datenverarbeitung* 21 (8).
- [6] JUNGNICHEL, G. viele weitere Informationen und links findet man unter: <http://www.eser-ddr.de/>.

Die zitierten Internetquellen wurden zuletzt am 25.07.2010 aufgerufen.

Anwendungslösungen zur Simulation von Rechenanlagen auf dem ZRA 1 und zur Bibliographieautomatisierung mit Hilfe des Rechners ODRA

SIEGMAR GERBER

gerber@informatik.uni-leipzig.de

Im Beitrag werden Lösungen für zwei Anwendungsprojekte beschrieben, die in den sechziger Jahren am Institut für Maschinelle Rechen-technik der Leipziger Universität mit Hilfe der Rechenanlagen ZRA 1 bzw. ODRA realisiert wurden.

1 Simulation einer Rechenanlage auf dem ZRA 1

Das an der Leipziger Universität 1962 gegründete Rechenzentrum und spätere Institut für Maschinelle Rechentechnik hatte neben Leistungen in Forschung, Lehre und Weiterbildung, auch Dienstleistungsaufgaben für die wissenschaftlichen Einrichtungen und die Verwaltung der Universität, sowie für die regionale Wirtschaft zu erbringen. Die dafür erforderliche Modellierung und Software wurde von den Institutsmitarbeitern größtenteils selbst entwickelt. Für einige komplexere Projekte mussten Methoden, Beschreibungssprachen und Algorithmen neu entworfen werden, um diese mit Hilfe der damals in Leipzig verfügbaren Rechentechnik überhaupt bearbeiten zu können.

Eines dieser Projekte betraf die Simulation der bei ELREMA (Elektronische Rechenmaschinen) Karl-Marx-Stadt entwickelten Rechenanlage R300 zur Kontrolle des logischen Entwurfs ihres Rechenwerkes und zur Unterstützung ihrer Einsatzvorbereitung. Die Arbeiten wurden auf dem zu dieser Zeit verfügbaren Zeissrechner ZRA 1 durchgeführt.

Aufgrund der geringen Rechenleistung und beschränkten Speicherkapazität des ZRA 1 waren hohe Anforderungen an die Effizienz der Algorithmen und Programme gestellt. Neben der Erkennung von Schaltfehlern sollten auch Taktdiagramme zur Unterstützung der Inbetriebnahme und Wartung der Anlage erzeugt werden.

Simuliert wurde die Ablaufsteuerung der Elementaroperationen des Rechenwerkes, wobei Speicherelemente (Flip-Flop, Register, und Zähler) als black boxes behandelt und nur deren Steuerausgänge in die Simulation eingingen. Die logischen Schaltkreise ohne Speicherverhalten wurden beschrieben durch aussagenlogische Ausdrücke $H(x, y, z)$ in den 0-1-Variablen

- x (zur Festlegung der auszuführenden Operation),
- y (zur Beschreibung der Abhängigkeit des Operationsablaufs von Register- bzw. Zählerzuständen) und
- z (zur Beschreibung der Ausgänge von Flip-Flops) .

Die Werte der Variablen x bleiben für eine gewählte Operation im gesamten Operationsablauf konstant, während die Werte der Variablen y und z sich innerhalb eines Operationsablaufs verändern können.

Der Operationsablauf selbst wurde als taktsynchron vorausgesetzt und die Flip-Flops waren vom Typ RS. Die Steuerausgänge z dieser Flip-Flops mit einem Setzeingang s und einem Rücksetzeingang r können beschrieben werden durch die Taktgleichung

$$(z \wedge \neg r) \vee s \Rightarrow^t z$$

und die Nebenbedingung

$$(r \wedge s) = 0$$

(beide Eingänge sind nicht gleichzeitig gesetzt).

Die Schaltungen an den Eingängen s bzw. r werden durch die Bool'schen Ausdrücke H_s bzw. H_r festgelegt.

Der Datenaustausch zwischen den Registern (Arbeitsspeicher) ist abhängig von den Werten der Variablen y und dem Zustand des aufnehmenden Registers. Die zu transportierenden Daten sind entsprechend der auszuführenden Operation durch die Zustände eventuell mehrerer (Operanden)-Register und (Operations)-Konstanten bestimmt.

Das aufnehmende Register muss dabei bestimmte Bedingungen erfüllen, die ebenfalls durch logische Ausdrücke beschrieben werden können.

Der Transport selbst erfolgt zu einer Taktzeit t und bestimmt die Werte der Variablen y zum nächsten Takt $t+1$.

Da auch die Register eigenen Zeitabläufen unterliegen, unterscheiden wir zwischen Ein- und Ausgangszustand eines Registers, und überführen deren Inhalt jeweils zur Taktzeit.

Zur Simulation eines Taktes sind dann folgende Schritte auszuführen:

1. Bestimmung der Werte der Schaltungsausdrücke H
2. Bestimmung der Registerinhalte zum Takt t
3. Erzeugung der Eingangswerte der Register zum Takt t
4. Bestimmung der Wahrheitswerte der Flip-Flop-Ausgänge z zum Takt $t+1$
5. Überführung der Eingangswerte aller Register in ihre Ausgangswerte

In jedem Takt sind außerdem die Einhaltung der Bedingungen für die am Datenaustausch beteiligten Register und die Schaltbedingungen für die Flip-Flops zu prüfen.

Für jede zu simulierende Elementaroperation wurden ausgehend von den Anfangszuständen der Register und Flip-Flops in jedem Takt alle Zustandsveränderungen der Flip-Flop-Ausgänge und Registerinhalte sowie die aufgetretenen Verletzungen der verschiedenen Nebenbedingungen ausgedrückt.

Da die zu simulierende Anlage um ein vielfaches leistungsfähiger sein sollte als der ZRA 1, waren bei der Schaltungssimulation bald die Kapazitätsgrenzen des ZRA 1 erreicht. Es war deshalb notwendig, den Zeit- und Speicheraufwand für die Realisierung der Takte möglichst gering zu halten.

Dieses wurde einmal dadurch erreicht, dass alle Flip-Flop-Variablen, die bei der jeweils zu simulierenden Operation ihren Anfangswert beibehielten, aus den Schaltungsausdrücken eliminiert wurden. Dadurch reduzierte sich die Anzahl der Variablen in den zu untersuchenden Ausdrücken so stark, dass bei der Wertbestimmung der Schaltungsausdrücke mit kanonischen Normalformen gearbeitet werden konnte.

Zur Bestimmung der an einer Operation beteiligten Flip-Flops mit veränderlichem Ausgang wurden ausgehend von der leeren Menge sukzessive alle diejenigen Flip-Flops bestimmt, deren Ausgang den Wert 0 (bzw. 1) und der Ausdruck H_s am Setzeingang (bzw. der Ausdruck H_r am Rücksetzeingang) erfüllbar ist. Alle Flip-Flops, bei denen die Ausdrücke H_s und H_r nicht erfüllbar sind (d. h., immer den Wert 0 annehmen), behalten ihren Ausgang bei.

Wurden die Flip-Flop-Variablen z der dadurch nicht erfassten (d. h., während des Operationsablaufs unveränderlichen) Flip-Flops in den Schaltkreisausdrücken H durch ihre Anfangswerte ersetzt, verblieben dort meist nur fünf, maximal dreizehn Variable. Danach konnten diese Ausdrücke mit erträglichem Aufwand auf kanonische Normalform gebracht werden, was bei bitparalleler Ausführung logischer Operationen im ZRA 1 zu kurzen Ausführungszeiten führte.

Die Simulation eines Taktes einschließlich Ausgabe aller Registerzustände sowie der Flip-Flop-Zustandsveränderungen beanspruchte auf dem ZRA 1 ca. zwei Minuten, eine elfstellige Festkomma-Addition ca. 20 Minuten und eine Gleitkomma-Multiplikation mit neun Mantissenstellen ca. vier Stunden.

Neben dem eigentlichen Simulationsprogramm wurde ein Änderungsprogramm zur Einarbeitung der nach Fehlererkennung durchgeführten Korrekturen entwickelt, wodurch der Gesamtaufwand für die Simulation weiter reduziert werden konnte.

Für jede Elementaroperation wurden vierzig Berechnungsbeispiele mit jeweils exemplarischen Operanden spezifischen Typs ausgeführt und die Takt diagramme zur Unterstützung von Inbetriebnahme und Wartung der zu entwickelnden Rechenanlage R300 gedruckt.

2 EDV-Projekt Bibliographieherstellung

In einem weiteren Projekt wurde die rechnergestützte Herstellung der Deutschen Nationalbibliographie durch die Deutsche Bücherei Leipzig mit Hilfe der polnischen Rechenanlage ODRA vorbereitet und durchgeführt. Zunächst bezog sich dieses Projekt nur auf die Satzherstellung zum Einsatz lochstreifen- bzw. magnetbandgesteuerter Lichtsetzmaschinen, später wurde es erweitert auf die gesamten zur bibliographischen Bearbeitung erforderlichen Schritte bei Kumulation, Selektion und Katalogisierung der erfassten Titelkomplexe nach unterschiedlichen bibliographischen Kategorien.

Von der Deutschen Bücherei wurde die „Deutsche Nationalbibliographie und Bibliographie des im Ausland erschienenen deutschsprachigen Schrifttums“ bearbeitet und herausgegeben.

Dazu gehören u. a.:

- NA – die Reihe A: Neuerscheinungen des Buchhandels (erscheint wöchentlich);
- NB – die Reihe B: Neuerscheinungen außerhalb des Buchhandels (erscheint 14tägig);
- NC – die Reihe C: Dissertationen und Habilitationsschriften (erscheint monatlich);
- MB – die Deutsche Musikbibliographie (erscheint monatlich);
- BÜ – die Bibliographie der Übersetzungen deutschsprachiger Werke (erscheint vierteljährlich) und
- BB – die Bibliographie der Bibliographien (erscheint monatlich).

Für diese Bibliographien wurden verschiedene Kumulationen erstellt, z. B.:

- JV – das Jahresverzeichnis des deutschen Schrifttums;
- DBV – das Deutsche Bücherverzeichnis;
- HV – das Jahresverzeichnis der deutschen Hochschulschriften;
- JM – das Jahresverzeichnis der deutschen Musikalien und Musikschriften.

Die Deutsche Bücherei Leipzig hatte in den sechziger Jahren einen jährlichen Bestandszuwachs von ca. 110.000 bibliographischen Einheiten, was für die Titelerfassung einem Umfang von etwa 1,2 Millionen Zeichen pro Woche entsprach.

Die Titelerfassung dieser bibliographischen Einheiten erfolgte nach einem international vereinbarten Kategorieschema mit Haupt- und Sekundärkategorien für die jeweils unterschiedliche Kategoriemarken |* benutzt wurden.

Zu den Hauptkategorien zählen u. a.:

Signatur Kat(s) |^s
 Personenkomplex Kat(p) |^p
 Titelteil Kat(t) |^t
 Verlagsteil Kat(v) |^v
 Hochschulteil Kat(h) |^h
 Schlagwortteil Kat(d) |^d
 Systematik Kat(y) |^y
 Statistikteil Kat(z) |^z

Zur Hauptkategorie *Personenkomplex* gehören die Sekundärkategorien:

Primärname Kat(2p) |²
 Sekundärname Kat(3p) |³
 Vorname Kat(4p) |⁴

und zur Hauptkategorie *Titelteil* die Sekundärkategorien:

Primärtitel Kat(1t) |¹
 Sekundärtitel Kat(2t) |²
 Nebentitel Kat(5t) |⁵

Zur Beschreibung der Kategorien wurde eine kontextfreie Grammatik eingeführt.

Die Hauptkategorie *Personenkomplex* besitzt z. B. folgende Syntaxbeschreibung:

```
[Personenkomplex] ::= [ordnungsbildende NV*1] ∨ [Personenkomplex]
                    [N-V-Trenner] 1 | [nichtordnungsbildende NV] |1 ∨
                    1 | [nichtordnungsbildende NV] |1 [N-V-Trenner]
                    [Personenkomplex]

[N-V-Trenner] ::= [leer] ∨ [Zeichenfolge]

[ordnungsbildende NV] ::= [vollständige NV]

[nichtordnungsbildende NV] ::= [vollständige NV] ∨ [unvollständige NV]

[vollständige NV] ::= [Primärname] ∨ [vollständige NV] [NV-teil] ∨
                    [NV-teil] [vollständige NV]

[unvollständige NV] ::= [NV-teil] ∨ [unvollständige NV] [NV-teil]

[NV-teil] ::= [Vorname] ∨ [Sekundärname] ∨ [Verweisungszusatz] ∨
              [Zeichenfolge] ∨ 9 | [Zeichenfolge] |9

[Primärname] ::= 2 | [Zeichenfolge] |2

[Verweisungszusatz] ::= 5 | [Zeichenfolge] |5

[Sekundärname] ::= 3 | [Zeichenfolge] |3

[Vorname] ::= 4 | [Zeichenfolge] |4 ∨ 4 | [leer] |4
```

¹ NV-Namensvariante

Eine Titelaufnahme hatte dann beispielsweise folgende Gestalt:

Signatur

^s| Di 1971 B 3637 |^a

Titel

^p| ²| Günther |² |¹| (geb. ³| Beusch |³ |⁵| [Geburtsname] |⁵) |¹ |⁴| Marliese
|⁴ |^p .

^t| ¹| Einfluß von kolloidalem ⁴| Ferrihexacyanoferrat (II) |⁴ auf Retention
und Toxizität von ⁴| Thallium (I) |⁴ bei der Ratte. |¹ |^t - - Karlsruhe
1971 . 41 gez.Bl., Anh. 4 ^y| 18 |^y |^h| ¹| Karlsruhe |¹ , ⁴| F. f. Bio- u.
Geowiss. |⁴ , ²| Diss. |² v. 12. Febr. 1971 . |^h

Verweisung

^d| Ferrihexacyanoferrat (II) |¹| kolloidales f. Tl2SO4 - Intoxikation |¹ |^d

^d| Tl2SO4 ⁷| s. Thallium (I) - sulfat |⁷ |^d

^d| Thallium (I) - sulfatintoxikation |¹| kolloidales Ferrihexacyanoferrat
(II) |¹ |^d

Für die Erfassung und Verarbeitung der bibliographischen Einheiten waren folgende Schritte erforderlich:

1. Manuelle Titelaufnahme entsprechend der allgemeinen Vorschrift für die handschriftliche Erfassung der Titelkomplexe für die Deutsche Nationalbibliographie auf Datenerfassungsformular.
2. Manuelle Sacherschließung durch genormte Schlagwörter mit Unterschlagwörtern in Kategorien.
3. Maschinelle Erfassung der registrierten Titelkomplexe auf Lochstreifen mit Hilfe spezieller Schreibautomaten. (Neben dem Lochstreifen wird ein Titelkomplexprotokoll und an der ODRA 1204 ein Einheitslochstreifen erzeugt, der in den Rechner R300 eingelesen und auf Magnetband abgespeichert wird.)
4. Sortierung der abgespeicherten Titelkomplexe nach der Gruppeneinteilung der Deutschen Nationalbibliographie und Erzeugung der Eintragungen in verschiedene Bibliographieteile.
5. Ausgabe eines Lochstreifens auf dem R300 und Herstellung eines Satzlochstreifens auf der ODRA 1204 durch ein spezielles Satzprogramm.
6. Herstellung einer Filmrolle mit Hilfe der Lichtsetzanlage Linotron 505, aus der nach einem Korrekturlauf ein Druckstock für den Offsetdruck entsteht.

Die Bearbeitung eines Bibliographieheftes mit 700 Titelkomplexen ohne Herstellung der Filmrolle und ohne Berücksichtigung der Stanzzeiten für die Lochstreifen dauerte ca. vier Stunden.

Im November 1971 wird das erste Heft der Deutschen Nationalbibliographie, Reihe C, nach diesem Verfahren hergestellt. Im gleichen Jahr erscheint auch das Jahresverzeichnis der Hochschulschriften. Die Bibliographie der

Bibliographien folgt 1973. Nach der internationalen Reform der alphabetischen Katalogisierung des Schrifttums werden 1974 die Reihen A und B der Deutschen Nationalbibliographie rechnergestützt herausgegeben.

Die restlichen Bibliographien werden in den Folgejahren entsprechend bearbeitet.

Für die Bibliographien der Reihen NA, NB, NC und BB waren in dieser Zeit jährlich ca. 70.000 Titel à 600 Zeichen aufzunehmen. Für alle Bibliographien ergaben sich hochgerechnet 100 Millionen Zeichen.

Auf den damals am R300 eingesetzten Magnetbändern mit einer Schreibdichte von 20 Zeichen pro Millimeter konnten auf einem 750m-Band acht bis zehn Millionen Zeichen gespeichert werden. Bei den später benutzten ESER-Anlagen mit einer Schreibdichte von 32 Zeichen pro Millimeter konnten pro Band etwa 15 Millionen Zeichen gespeichert werden.

Die damals jährlich anfallenden Monatshefte füllten drei Magnetbänder. Ebenfalls drei Bänder waren für die Jahresverzeichnisse und zwei weitere Bänder für Stichwort- und Schlagwortregister notwendig. Da bei Magnetbändern schon nach relativ kurzer Zeit mit Datenverlust zu rechnen war, mussten die Bänder turnusmäßig kontrolliert und neu beschrieben werden.

Für die Sortierung der abgespeicherten Titelkomplexe nach verschiedenen Kriterien entsprechend der herzustellenden Bibliographie wurden Mischsortierverfahren verwendet, die für 10.000 Titelkomplexen am R300 über drei Stunden in Anspruch nahmen.

Rechnergestütztes Recherchieren war mit Magnetbändern allenfalls im Stapelbetrieb vertretbar. Dialogrecherche wurde erst später mit dem Einsatz von Magnetplattenspeichern möglich.

3 Literatur und Internetquellen

- [1] LEHMANN, M. ET AL. (1963): The checking of computer logic by simulation on computer. *Computer Journal* 6 (2), S. 154-162.
- [2] ROHLEDER, H. ET AL. (1965): Kontrolle eines Schaltungsentwurfes durch Simulation mit einem Digital-Rechner. *msr* 8 (12), Heft 12, S. 431-434.
- [3] ROST, G. & TEWS, G. (1972): Das EDV-Projekt „Bibliographieherstellung“ der Deutschen Bücherei. In: *Jahrbuch der Deutschen Bücherei, Jahrgang* 8, S. 29-61.
- [4] TOMASELLI, G. & KAHNT, G. (1978): Rechentechnische Probleme bei der Verarbeitung großer Mengen bibliographischer Daten. In: *Bibliographie aktuell DB*, S. 96-104.

Integration der fünf Großen „C“

Vorstufe zu einer Allgemeinen Informationswissenschaft?

WERNER KRIESEL

werner.kriesel@gmx.net

In besonderem Maße mussten in den 70er und 80er Jahren Bestandteile aus der Informatik (Computer) sowie Informationstechnik (Communication) innovativ in das Fachgebiet Automation (Control) für die spezifischen Belange der Industrie eingebunden werden.

Erforderlich waren neuartige wissenschaftlich-technische Systemkonzepte auf Mikrorechnerbasis und ein Strukturwandel zur Informationsverarbeitung bis hinein in die Funktionseinheiten (Components & Instruments) und deren mikroelektronische Schaltkreise (Circuits, Chips). Die Wandlungen waren mit einer starken Integration dieser fünf Großen „C“ verbunden.

Der Autor hat diesen Konzeptionswechsel seit Mitte der 70er Jahre forschungsseitig auf DDR-Ebene für die Automation mit vorbereitet und ist somit Zeitzeuge. Hierzu werden forschungsstrategische Seiten in ihrem historischen Ablauf in der DDR und ihr partielles Einmünden in industrielle Systeme nach der Wiedervereinigung gezeigt. In Verzahnung mit Informatik stellen sich Automatisierungsstrukturen weltweit heute zunehmend so dar, wie sie von uns bereits seit Ende der 70er Jahre forschungsseitig erarbeitet und weit vorausschauend prognostiziert sowie publiziert wurden.

Offen geblieben ist dagegen – neben vielen anderen Problemen – die Frage nach einer „Allgemeinen Informationswissenschaft“ (General Information Science). Eine solche müsste sich den allgemeinen Eigenschaften aller Informationsprozesse der Realwelt widmen. Dieses futuristische Gedankengut geht in die DDR-Zeit zurück, wurde aber nach der Wiedervereinigung nicht weiterverfolgt – die Inhaltsdiskussion sollte aufgegriffen werden!

1 Vorbemerkung

In den rund 40 Jahren seit der Markteinführung des ersten Mikroprozessor-Chips 4004 durch den USA-Chiphersteller Intel im Jahre 1971 ist ein bis heute spürbarer Schub dieser Grundsaterfindung auf die Entwicklung der informationellen Technologien eingetreten. Dieser Schub hat überwiegend zu einer starken „Integration“ der informationell orientierten Technologien geführt,

sowohl untereinander als auch mit den Anwendertechnologien – das Eindringen der Informatik in nahezu alle Lebensbereiche ist hierfür geradezu typisch. Trotzdem ist gleichzeitig eine „Ausdifferenzierung“ dieser informationellen Technologien erfolgt bei weiterem Wachstum der grundlegenden Linien entsprechend der 5 Großen „C“: Computer (Informatik), Control (Automatik), Communication (Nachrichtentechnik), Components & Instruments (Fein-Gerätetechnik), Circuits/Chips (Schaltkreistechnik), vgl. Abschnitt 5. Da die erste Hälfte dieser 40-jährigen Entwicklung in die DDR-Zeit fällt und dabei eine Reihe von Besonderheiten aufweist, ist es auch wissenschafts-historisch angezeigt, diesen Zeitraum und seinen Einfluss auf die Zeit nach der Wiedervereinigung speziell zu betrachten sowie durch Zeitzeugen für spätere Generationen zu sichern – in diesem Sinne ist der folgende Beitrag angelegt.

2 Nutzungsbeginn digitaler Prozessrechner im Rahmen von Systemlösungen der Automatisierungstechnik

Bis Anfang der 50er Jahre wurden Automatisierungseinrichtungen überwiegend für die jeweilige Anwendung *speziell maßgeschneidert*. Unter wirtschaftlichem Zwang entstanden in den 60er Jahren **universelle Systemlösungen**. Nach erfolglosen Abstimmungsversuchen zwischen den Ländern des Rates für Gegenseitige Wirtschaftshilfe (RGW) entschloss man sich in der DDR zu einem Alleingang. So entstand unter der Bezeichnung „ursamat“ ein sehr systematischer, weitgehend vollständiger und mithin im RGW vorbildfreier Systemrahmen: „Universelles System von Geräten und Einrichtungen zur Gewinnung, Übertragung, Verarbeitung und Nutzung von Informationen für die Automatisierung technologischer Prozesse“, an dem auch der Autor mitgearbeitet hat [1]. Dabei war insbesondere das Zusammenwirken dieser Funktionseinheiten innerhalb spezifischer Systeme sowie möglichst darüber hinaus abzusichern, indem *Schnittstellen (Interfaces)* zwischen den abgegrenzten Einheiten gezielt geschaffen und vereinheitlicht wurden: nationale und internationale Standardisierung von Signalen und konstruktiven Parametern.

Innerhalb solcher Automatisierungssysteme wurden seit etwa 1965 auch Messwerterfassungseinrichtungen mit Kopplung an Elektronische Datenverarbeitungs-Anlagen (EDVA) entwickelt, zunächst als „Datalogger“ bezeichnet. Der erste Großeinsatzfall in der DDR befand sich in der Zentralwarte des neu errichteten Erdölverarbeitungswerkes (EVW) Schwedt/Oder. Der Rechner hierzu wurde von der Fa. Eurocomp aus Westberlin importiert (Tochter von Hartmann & Braun, Frankfurt a. M.). Der Einsatzfall scheiterte aber komplett durch Erfahrungsmangel auf beiden Seiten. Der zweite Lösungsversuch mit einem Importrechner der Fa. Elliott Automation aus Großbritannien sowie einer völlig neu erstellten Prozessperipherie vom Institut für Regelungstechnik Berlin, die im Jahre 1969 unter Verantwortung des Autors entstand, war weit

über 10 Jahre erfolgreich im Produktionseinsatz des EVW. Für eine breitere Nutzung von Rechnern in der Automation waren aber spezielle Voraussetzungen zu erfüllen:

- Volle Echtzeitfähigkeit der Rechnerprogramme (Anwendungssoftware)
- Prozessperipherie zur Ankopplung der Mess- und Stelleinrichtungen
- Hohe Zuverlässigkeit der Gesamteinrichtung.

Damit gelangte man zu Prozessrechnersystemen [22], und derartige Ideen wurden gemäß dem internationalen Trend ab Ende der 60er Jahre auch in der DDR realisiert (Robotron: Prozessrechner PR 2100). Nachfolgend in den 70er Jahren entstanden die Robotron-Prozessrechner KRS 4200/4201, hierzu gehörte jeweils eine zentrale Prozessperipherie ursadat 4010 (Elektro-Apparate-Werke EAW, Berlin) [4].

Der Funktionsumfang derartiger Prozessrechnersysteme nach Abbildung 1a umfasste neben der Messwerterfassung auch die rechnergeführte Regelung von analogen Einzelreglern (Set Point Control SPC) bzw. sogar die direkte digitale Regelung (Direct Digital Control DDC) unter Verzicht auf zusätzliche analoge Regler. Beiden Techniken war jedoch kein Durchbruch bei den Einsatzstückzahlen beschieden, weder in der DDR noch international, weil offenbar das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand noch viel zu ungünstig war.

3 Dezentral verteilte Mikrorechner bewirken einen revolutionären Generationswechsel in der Automatisierungstechnik

Die zunehmende Digitalisierung und im Jahre 1971 schließlich die Markteinführung des Mikroprozessor-Chips durch die USA-Fa. Intel sowie die Fortschritte bei Speicherchips bewirkten ab Mitte der 70er Jahre eine völlig neuartige Generation von *Automatisierungssystemen mit dezentral verteilten Mikro-Prozessrechnern*: Total Distributed Control TDC 2000, USA-Firma Honeywell im Jahre 1975. Hiermit wurde eine neuartige Philosophie in der Automatisierungs-Leittechnik begründet, die im Unterschied zu bisherigen Strukturen durch eine vollständig dezentrale Anordnung von Mikro-Prozessrechnern zur Messwerterfassung, Regelung und Steuerung sowie deren Vernetzung durch bitserielle Prozessbusse gekennzeichnet ist (vgl. Abbildung 1b).

Gleichzeitig bedeutete dies eine Revolution der Wartentechnik durch Einsatz von Bildschirmen und Tastaturen bei Herauslösung von konventionellen Reglern und Steuerungen sowie Reduzierung von Anzeige-, Bedien- und Registriertechnik.

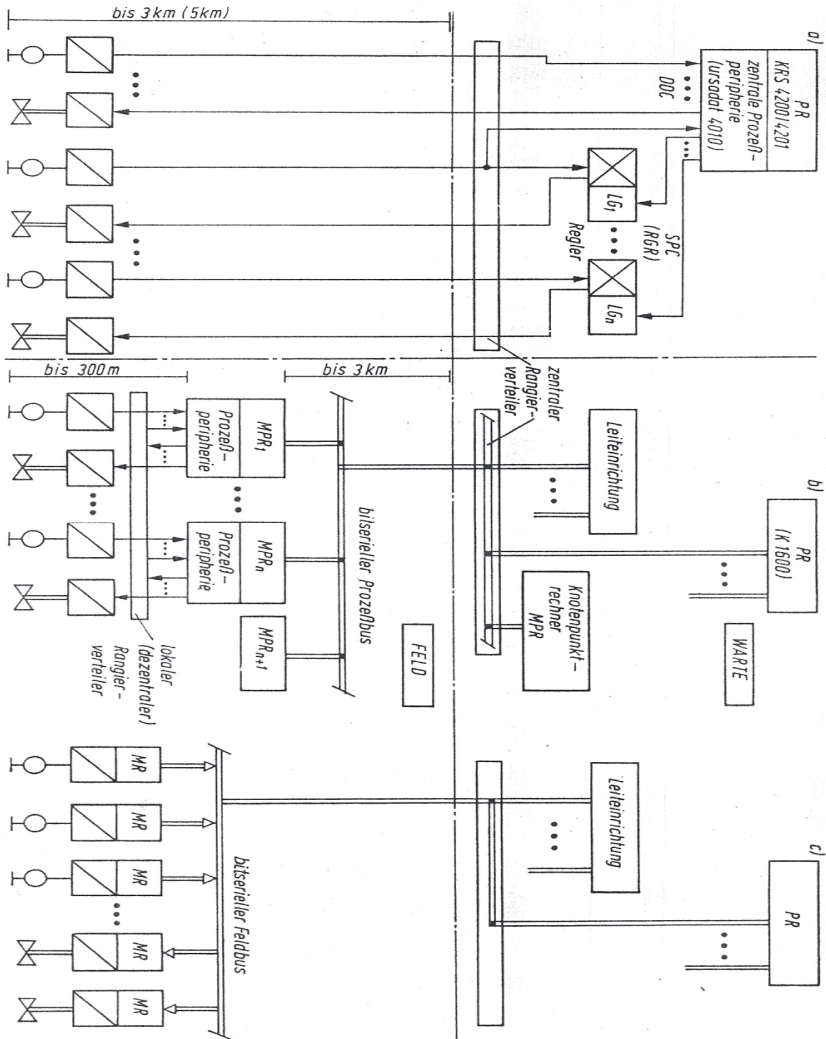


Abbildung 1: Generationswechsel bei Automatisierungsanlagen, Prognose von 1979; a) Parallelverdrahtung und zentraler Prozessrechner PR; b) Prozessbus und dezentrale Basissteuereinheiten mit Mikro-Prozessrechnern MPR (Fa. Honeywell 1975); c) Feldbus und Einchip-Mikrorechner MR in den Geräten: intelligente, direkt buskoppelbare Mess- und Stellgeräte sowie Leiteinrichtungen [5]

Dieser gravierende Generationswechsel bewirkte geradezu einen Schock unter den Fachleuten in ganz Europa und ab Frühjahrsmesse 1976 auch in der DDR. Er erforderte völlig neuartige Konzepte für die Automatisierung und einen entsprechenden Strukturwandel zur Informationsverarbeitung bis hinein in die Funktionseinheiten (Components & Instruments) und deren mikroelektronische Schaltkreise (Circuits, Chips). Auf diese Herausforderungen musste in geeigneter Weise reagiert werden, nicht zuletzt in der angewandten Vorlauforschung, der sich auch der Autor verschrieben hat.

Der Autor gehört zur dritten Hochschullehrergeneration, die nach dem 2. Weltkrieg das Fachgebiet Automatisierung (Control) in der DDR zu vertreten hatte [4]. Aufgabe dieser Generation war es in besonderem Maße, das aus der Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik erwachsene Fachgebiet innovativ mit Elementen aus der Informatik (Computer) sowie Informationstechnik (Communication) für die spezifischen Belange der Industrie zu verbinden. Daher musste jetzt nach dem genannten Schock über eine Neuausrichtung der industriebezogenen Forschungen und Entwicklungen nachgedacht werden. Den geeigneten Rahmen hierfür bildete im Umfeld des Forschungsrates der DDR der Zentrale Arbeitskreis (ZAK) „Steuerungs- und Regelungstechnik“ beim Ministerium für Wissenschaft und Technik (MWT) unter dem Vorsitz von Prof. H. Töpfer (TH Magdeburg, TU Dresden) [34]. Diesem Gremium gehörten überwiegend die Direktoren für Forschung und Entwicklung der Automatisierungsbetriebe an, der Autor fungierte seit Gründung 1974 bis Anfang 1990 als Sekretär und setzte die Beratungstätigkeit auch im Forschungsrat der letzten DDR-Regierung (Lothar de Maizière) fort. Die Strategie wurde folgendermaßen ausgerichtet:

- Mittelfristig: Entwicklung von Lösungen gemäß Abb. 1b zur Aufholung des eingetretenen Rückstandes. Die Gesamtverantwortung lag beim Zentralen Anlagenbau Geräte- und Regler-Werke Teltow (L. Starke [34], P. Neumann [11]) in Kooperation mit dem Kombinat Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow als Gerätehersteller (H. Fuchs).
- Langfristig: Vorlaufarbeiten für eine übernächste Generation; hierauf wird nachfolgend im Abschnitt 4 genauer eingegangen.

Die Generation mit dezentralen Mikrorechnern nach Abb. 1b wurde im GRW Teltow ab 1978 als „Neue Anlagengeneration (NAG)“ mit einer Konzeption auf Basis der Robotron-Mikrorechner K 1510 (OEM-Baugruppen) sowie des Robotron K 1600 als übergeordneter Wartenrechner unter Leitung von Dr. P. Neumann vorbereitet [11]. Ab 1980 begann hierzu die Anlagenentwicklung (Entwicklungsleiter U. Schnell), und seit 1984 wurde das Prozessleitsystem unter dem Namen „audatec“ einschließlich der Hardwarekomponenten auf Basis der Robotron-Mikrorechner K 1520 sowie zugehöriger Softwarekomponenten und Werkzeuge für die rechnergestützte Projektierung produziert [34]. Die Basissteuereinheiten mit der Prozessperipherie wurden mit dem System

„ursadat 5000“ realisiert [4]. Bei einer derart großen Innovation mit dezentralen Mikro-Prozessrechnern (MPR) wurde damals der Software-Entwicklungsaufwand völlig unterschätzt gegenüber dem internationalen Preisverfall der Massenhardware [20]. Die Erstellungskosten der Anwendungs-Software in einem Automatisierungsprojekt machen heute über 50 % aller Kosten aus. Gerade die Senkung der Engineering-Kosten durch ein einheitliches Engineering-Werkzeug für Konfigurierung, Kommunikation, Steuerungsprogrammierung und Bedienung in Window-Technik sowie mit einheitlicher Datenbasis und anwendungsdefinierten Makrobibliotheken erfordert auch heute noch einen extremen Entwicklungsaufwand.

Die Einführung von Lokalen Netzen LAN stellte den nächsten Entwicklungsschritt bei industriellen Automatisierungssystemen dar, ab 1983 im System TDC 3000 der Fa. Honeywell erstmalig angeboten, wodurch der zentrale Prozessrechner (Wartenrechner) in ein lokales Rechnernetz aufgelöst wurde (Abbildung 2a). Dieser Schritt war zugleich auch zukunftsweisend für unsere Systemüberlegungen, vgl. Abbildung 2b und [16].

4 Dezentral eingebettete Intelligenz und direkt vernetzbare Mess- und Stelleinrichtungen verändern erneut die Systemstrukturen

Zur Orientierung langfristiger Vorlaufarbeiten für eine übernächste Generation hat der ZAK eine Studie beauftragt (damals Expertise, heute Roadmap genannt), die vom Autor erarbeitet und Anfang 1979 im ZAK vorgelegt wurde. In dieser Studie ist die schrittweise Weiterentwicklung der Strukturen von Abbildung 1b in Richtung Abbildung 1c begründet. Ausgegangen wurde von erstmals auf den Markt gelangten kompletten Mikrorechnern auf einem einzigen Chip (single-chip microcomputer, microcontroller), die eine weitere Dezentralisierung der Informationsverarbeitung ermöglichten. Dies erfolgt, indem solche Einchip-Mikrorechner unmittelbar in die Mess- und Stelleinrichtungen eingebaut und diese somit „intelligent“ gemacht werden (embedded systems), wobei gleichzeitig eine bitserielle Informationsübertragung durch einen dezentralen Feldbus erfolgt. In diesem Strukturentwurf spiegeln sich die industriellen Systemerfahrungen des Autors wider, die im Zusammenwirken mit Prof. K. Fuchs-Kittowski (HU Berlin) abstrahiert, zu neuen Denkansätzen verallgemeinert und für Automatisierungshierarchien vorausschauend formuliert wurden. Danach steht nicht die Steuerungshierarchie, sondern die Zielhierarchie im Vordergrund (differente Automatisierungsaufgaben auf bis zu fünf Ebenen). Diese wird schließlich durch Entwurfs-, Modell- und Steuerungshierarchien einschließlich zugehöriger Mehrebenen-Informationsübertragungen und Mensch-Maschine-Schnittstellen realisiert. Als Erweiterung einer solchen durchgängigen 5-Ebenen-Struktur tritt verstärkt hinzu: Hierarchie von Eigenfunktionen (Überwachung, Diagnose, Therapiesteuerung; heute: Asset-Ma-

nagement) sowie von Mehrebenen-Entwurfssystemen (Engineering-Tools für Entwicklung, Planung, Projektierung, Herstellung, Instandhaltung, Sanierung) [6], [23].

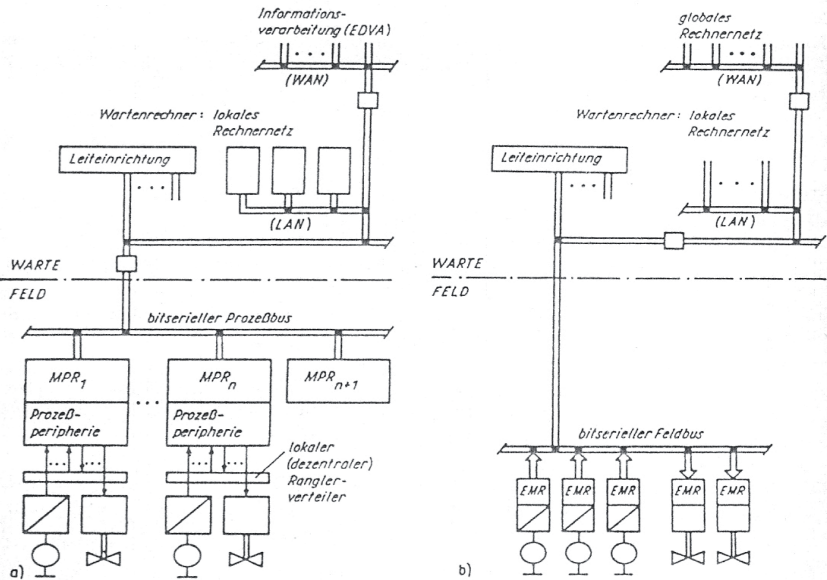


Abbildung 2: Lokale Rechnernetze LAN in Automatisierungsanlagen a) Industriestystem TDC 3000, Fa. Honeywell, seit 1983; b) Systemstruktur mit Feldbus und Einchip-Mikrorechnern EMR in den Geräten: intelligente, direkt buskopplbare Mess- und Stellgeräte sowie Leiteinrichtungen mit Kopplung an LAN und WAN [27]

Dieses gesamte Strukturkonzept wurde vom Autor zugleich bei der Arbeit in langfristig stabilen Forschungsteams zugrunde gelegt: zunächst an der TH Magdeburg in enger Zusammenarbeit mit Prof. H. Töpfer konzeptionell entwickelt und seit 1979 nach Berufung auf einen Lehrstuhl an der TH Leipzig dort konsequent ausgebaut. Von Grundsatz-Patentanmeldungen wurde aber bewusst abgesehen. Vielmehr haben wir uns zu frühen Veröffentlichungen in der DDR und im Westen entschieden [5], [7] bis [10], einerseits um Patenterteilungen an Dritte zu verhindern, andererseits weil eine schnelle Überwindung des permanenten Nachlaufes bei Mikroelektronik und Computern in der DDR nicht zu erwarten war und damit die Realisierungschancen ungewiss blieben.

Zu damaliger Zeit, als es in der DDR zunächst um die ohnehin schwierige Entwicklung der ersten Generation mit MPR und deren Abrundung ging, wirk-

te ein solches maximal dezentrales Konzept sehr radikal und zu phantastisch, daher auch für Viele als wenig wahrscheinlich sowie unrealistisch. Trotzdem hat der Autor dieses Gedankengut in aller Konsequenz mit seinem Forschungsteam, das er gerade dank dieses Konzeptes über die schwierige Zeit der Wiedervereinigung bis heute erhalten konnte, als spezielles Leitbild verfolgt. Zugleich hat der Autor in größerem Rahmen als Stellv. Sektionsdirektor für Forschung die Leitbilder nach Abbildung 1b und c stets vor Augen gehabt, um die Einzelforschungen der fünf Automatisierungs-Lehrstühle in der Sektion Automatisierungsanlagen der TH Leipzig (Direktor: Prof. W. Richter) erfolgreich auf eine Gesamtzielstellung zu koordinieren und mit den Interessen der Industrie zu harmonisieren (GRW Teltow, GRW Leipzig u. a.) [12], [34]. Zur Industrieumsetzung war eigens seit 1981 der „Industrie-Hochschul-Komplex Anlagenautomatisierung“ (IHK) an der Sektion aufgebaut worden im Sinne eines heutigen An-Instituts, dem 1990 bereits etwa 45 feste Mitarbeiter angehörten, die von den drei Betrieben Geräte- und Regler-Werke Leipzig (GRW), Kombinat Elektroanlagenbau Leipzig und Kombinat Chemieanlagenbau Leipzig-Grimma (CLG) finanziert wurden (Leitung: Prof. W. Bennewitz) [12].

Die industrielle Einführung dieser völlig neuartigen Strukturprinzipien nach Abbildung 1c war nur schrittweise und sehr langfristig zu erwarten. Bestimmte Teillösungen wurden auf dem langen Weg seit 1979 von verschiedenen internationalen Herstellern realisiert, und diese belegen zugleich die technisch-wirtschaftliche Tragfähigkeit dieses extrem langfristig prognostizierten Gesamtkonzepts. Nachfolgende Beispiele zeigen hierzu entsprechende Zwischenschritte.

Seit etwa 1990 wurde deutlich, dass der Markt neben den großen Prozessleitsystemen auch solche der mittleren und unteren Leistungsklasse verlangt, um ein vernünftiges Preis/Leistungsverhältnis zu erwirken und damit größere Einsatzstückzahlen zu ermöglichen, wie sie für unsere neuartigen Konzepte besonders interessant und wichtig waren. Dies führte zur Klasse der „Kompaktleitsysteme“, basierend auf preisgünstigen Massenprodukten der PC-Technik und der Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPSen). Ein Pionier war der Automatisierungsmann Franz Piwinger, der mit seiner in der Pfalz beheimateten Firma „Intrometic“ ein solches innovatives Kompaktleitsystem bereits Anfang der 90er Jahre auf den Markt brachte. Als erfolgreicher Mittelständler, der in Ilmenau studiert hatte, scheiterte er jedoch mit einer derart großen Innovation an der Risikoangst der Anwender sowie dem völlig unterschätzten Software-Entwicklungsaufwand gegenüber dem ständigen Preisverfall der Massenhardware. Piwinger musste schließlich für sein Unternehmen Intrometic Konkurs anmelden; vorsichtshalber hatte er noch weitere Firmen gegründet.

Erst das viel stärkere Unternehmen Hartmann & Braun aus Frankfurt/M. schaffte Jahre später ab 1994 mit seinem System „Digimatik“ den Markt-

durchbruch in der Kompaktklasse (umbenannt: Freelance 2000) [27]. Diese beiden Beispiele machen zugleich die technisch-wirtschaftliche Komplexität und die damit verbundenen Schwierigkeiten bei der Einführung kardinaler Innovationen deutlich.

Erst etwa 1997 startete dann Siemens mit seinem Kompaktleitsystem PCS 7, das auf den firmeneigenen Geräten Industrie-PC und Speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPSen) des Typs Simatic S 7 basiert – bis heute ein absoluter Renner am Markt. Und erst in Verbindung mit diesem System haben sich auch typische Komponenten breiter etabliert, wie sie ursprünglich 1979 bereits von uns prognostiziert wurden (Abbildung 1c):

- Feldbusse als Mehrebenenkonzept von der LAN-Ebene bis hinunter auf die Ebene von Sensor-Aktuator-Bussen [16], [23], [24], [29],
- intelligente und direkt buskoppelbare Mess- und Stelleinrichtungen [4], [5], [7] bis [10], [13] bis [15], [17].

Während sich intelligente Messeinrichtungen mit digitaler Informations-Vorverarbeitung international relativ schnell entwickelten, blieb deren direkte Buskopplung zunächst ein Problem, weil längere Zeit keine internationale Vereinheitlichung bei den Sensor-Aktuator-Bussystemen gelang (vgl. Abbildung 1c: bitserieller Feldbus).

Das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) startete daher im Jahre 1991 das Verbundprojekt „Aktuator-Sensor-Interface (ASI)“, um weltweit erstmals ein vereinheitlichtes bitserielles Bussystem zu schaffen, mit dem binäre Sensoren und Aktuatoren eine echtzeitfähige, zuverlässige und zukunftsweisende Low-cost-Anbindung an Automatisierungssysteme (SPSen) erfahren. Es handelte sich um einen innovativen Beitrag zur industriellen Kommunikation, der genau unseren Vorlaufforschungen in den 80er Jahren entsprach. Technisch handelt es sich um einen sehr bedeutenden Zwischenschritt beim Strukturwechsel von Abbildung 1b in Richtung Abbildung 1c. Dabei wird die gesamte Prozessperipherie zusammen mit der aufwendigen Parallelverdrahtung und dem dezentralen Rangierverteiler nach Abbildung 1b ersetzt durch eine einzige Masterbaugruppe mit einer Zweidraht-Leitung für den bitseriellen Feldbus zur gleichzeitigen Übertragung der digitalen Signale und der Hilfs-Energie sowie durch Slaves zum Anschluss der Sensoren/Aktuatoren auf der untersten Kommunikationsebene (Abbildung 1c und Abbildung 3). Entscheidend für den späteren Erfolg von ASI war, dass sich hier 11 namhafte Hersteller von Sensoren und Aktuatoren (u. a. Siemens, Festo, ifm, Pepperl+Fuchs, Sick, Turck), die ca. 80 % des deutschen und 40 % des internationalen Sensormarktes beherrschen und dabei gegeneinander im Wettbewerb stehen, zu einer gemeinsamen Entwicklungsanstrengung durchgegangen haben. Der Lehrstuhl des Autors wurde auf Grund seiner wissenschaftlichen Vorlaufarbeiten in der DDR (Publikationen in Ost und West sowie Europapatente) zur Mitarbeit im Projekt gebeten. Gemäß unserer Vorstellung

von einem industriellen Mehrebenen-Feldbusnetz, bei dem der zu schaffende unterste Sensor-Aktuator-Feldbus von vorn herein in übergeordnete Feldbus-ebenen eingebunden sein sollte [18], [24], haben wir auf die Mitarbeit unseres Kooperationspartners Forschungszentrums Informatik (FZI) an der Universität Karlsruhe gedrängt – die dortigen PROFIBUS-Spezialisten des Forschungsbereiches von Prof. K. Bender wurden schließlich mit uns zusammen auch in das ASI-Projekt eingebunden.

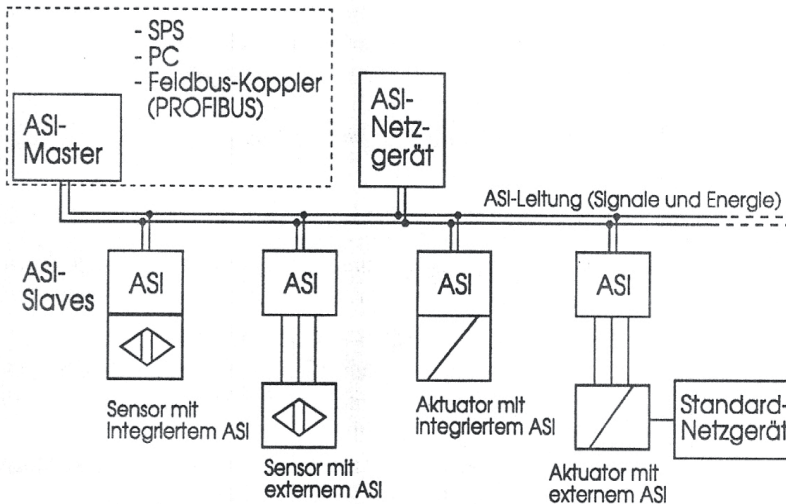


Abbildung 3: Grundaufbau des ASI-Systems: Master-Slave-Struktur mit Zweidraht-Leitung für bitserielle Signale und Hilfs-Energie, Stand 1991
SPS: Speicherprogrammierbare Steuerung; PC: Industrie-PC;
Feldbus-Koppler: Schnittstelle zum übergeordneten Bussystem
(bevorzugt zum PROFIBUS) [25]

Von besonderem Vorteil für das ASI-Projekt waren unsere kontinuierlichen DDR-Vorarbeiten seit 1979: langfristiger konzeptioneller Vorlauf, spezielle Zuverlässigkeitsuntersuchungen [21] sowie unsere experimentellen Arbeiten mit Funktionsmustern (Binäre Zubringer BIZU). Diese konnten wir bereits am Projektanfang zur Erlangung erster Einsatzerfahrungen zusammen mit dem Lehrstuhl von Prof. T. Pfeifer im Werkzeugmaschinenlabor (WZL) der RWTH Aachen einsetzen. Nach Projektabschluss 1994 sind auch eine Europa-Norm (EN 50 295) und eine IEC-Weltnorm (62026) entstanden. Bis heute wurden über 1.200 ASI-Produktfamilien entwickelt und im Steinbeis-Transferzentrum in Leipzig unter Verantwortung des Autors einer Zertifizierungsprüfung unterzogen (Prüflaborleitung: Dipl.-Ing. D. Telschow). Als langjähriger Erfahrungsträger sind wir aber auch weiterhin mit unserem Forschungsteam an speziellen

Querschnittsentwicklungen sowie Vorlaufarbeiten im Rahmen des Forschungs- und Transferzentrums an der HTWK Leipzig beteiligt (Direktor: Dipl.-Ing. D. Lippik). Die heutige Kooperation mit Prof. Beikirch (Universität Rostock, Fakultät Informatik und Elektrotechnik; akademischer Schüler von Prof. M. Seifart, TH Magdeburg) ist gleichfalls eine Fortführung unserer wissenschaftlichen Zusammenarbeit bei Sensor-Aktuator-Bussen aus den 80er Jahren. Ausgeweitet wurde diese Kooperation inzwischen auf die Universität Stuttgart, Fakultät Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Nachrichtenübertragung, Prof. Speidel.

Das Mikroelektronik-Unternehmen ZMD AG in Dresden, hervorgegangen aus dem gleichnamigen DDR-Betrieb, zeichnet für Entwicklung, Herstellung und Vertrieb der aktuellen ASI-System-Chips verantwortlich. Insgesamt sind bisher über 15 Millionen Chips produziert worden, und eine gleichgroße Anzahl von ASI-Knoten wurde weltweit eingesetzt. Somit sind unsere 1979 gestarteten DDR-Vorlaufarbeiten speziell auch in das System mit der heutigen Bezeichnung „AS-Interface“ (AS-i) eingeflossen, das sich inzwischen als Weltmarktführer etabliert hat und zu dessen Nutzerorganisation „AS-International Association“ über 280 Unternehmen in 13 Ländern gehören [35]. Auch haben sich unsere frühen Vorstellungen nach Abbildung 2 und Abbildung 3 mit der späteren Einbindung des AS-Interface in ein industrielles Mehrebenen-Netz tatsächlich voll realisiert, und AS-Interface wird heute als Bestandteil von Mehrebenen-Kommunikationsstrukturen in Anlagen eingesetzt [16], [18], [23], [24], [29]:

- WAN Wide Area Network
- LAN Local Area Network: Industrial Ethernet PROFINET; zugleich Brücke zur Informatik
- FAN Field Area Network:
 - Systemebene: PROFIBUS-DP und -PA
 - Sensor-Aktuator-Ebene: **AS-Interface** und HART.

Eine der umfangreichsten Anlagen mit 50 AS-Interface-Netzen als Teil einer 3-Ebenen-Struktur wurde in Hamburg für die Steuerung der weltweit größten Schmierstoff-Mischanlage der Firma Deutsche Shell AG realisiert, wobei die nachgewiesenen Einsparungen gegenüber konventioneller Parallelverdrahtung bei etwa 50 % lagen [22, 2. Aufl.].

5 Ausbildung und Forschung: Herausbildung eines eigenständigen Fachgebietes „Industrielle Kommunikation“

Der Autor hat das Gebiet „Interface“ seit 1971 auch gezielt für die akademische Lehre in der Automatisierungstechnik sowie für die Weiterbildung aufbereitet und systematisiert. Ausgangspunkt bildete das Standard-Interface SI 2.2,

das die digitale Informationsübertragung zwischen dem zentralen Prozessrechner (Robotron: KRS 4200) und den zugehörigen Funktionsblöcken der Prozessperipherie (EAW: ursadat 4010) realisierte, vgl. Abb. 1a. Hierzu wurden auch Fachbuchbeiträge entwickelt [4], die in der DDR in 5 Auflagen erschienen sind. Außerdem konnte der Autor als Stellv. Bezirksvorsitzender und Präsidiumsmitglied in der Kammer der Technik deren Weiterbildungsplattformen hierfür nutzen (u. a. Leipziger Automatisierungstechnische Kolloquien LAK). Mitte der 80er Jahre gelangten wir darüber hinaus auch zu der Erkenntnis, dass die „industrielle Kommunikation“ zu einem Feldbusnetz mit Mehrebenenstruktur weiterentwickelt werden sollte und somit als eigenständiger Teil von Automatisierungssystemen anzusehen ist [18], [24], wobei das LAN als Brücke zur Informatik gezielt integriert wurde [16].

Nach der Wiedervereinigung wurden die bisherigen Fachbücher in Gestalt der speziellen ASI-Handbücher auch in Englisch fortgeführt [25], [26]. In der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) Düsseldorf/Frankfurt a. M. hatte der Autor den Vorsitz des Fachausschusses „Kommunikationstechnik in verteilten Automatisierungssystemen“ übernommen, aus dessen Arbeit eine entsprechende VDI/VDE-Richtlinie hervorgegangen ist, die zum Bestseller in der Industrie wurde [30]. Schließlich entstanden weitere Lehr- und Fachbücher in mehreren Auflagen [29], [33], so dass der Autor ab Mitte der 90er Jahre die „Industrielle Kommunikation“ als eigenständiges Lehrfach in der akademischen Ausbildung von Automatisierungsingenieuren mit Vorlesungen und Praktika bei großem Zuspruch angeboten hat. Großes Interesse fanden entsprechende Seminare für die Industrie, die der Autor im Haus der Technik in Essen und München über 10 Jahre lang regelmäßig abgehalten hat.

Durch langjährige Mitarbeit im Vorstand sowie als Fachbereichsleiter und Stellv. Bundesvorsitzender der GMA [32] konnte sich der Autor zugleich für eine bundesweite Einführung dieses Lehrfaches an den Universitäten und Hochschulen einsetzen, die sich inzwischen durchgängig vollzogen hat. Nicht zuletzt sind aus den zu DDR-Zeiten am Lehrstuhl des Autors für „Automatisierungsanlagentechnik“ tätigen zehn Wissenschaftlichen Mitarbeitern plus Aspiranten und Doktoranden nach der Wiedervereinigung fünf Professoren hervorgegangen, die auch besonders zur Weiterverbreitung dieses Fachgebietes beitragen: Prof. K. Steinbock (HTWK Leipzig, Gründungsrektor); Prof. K. Kabitzsch (TU Dresden); Prof. K. Fiedler (Universität Lüneburg); Prof. T. Heimbold (HTWK Leipzig); Prof. P. Helm (HS Merseburg).

Zusammenfassend sind typische Phasen in der Herausbildung des neuen Fachgebietes „Industrielle Kommunikation“ zu erkennen:

- Phase 1: Entwicklung spezieller Industriebusse; Einzelanwendungen
- Phase 2: Massen- und Breitenanwendungen; theoretische Grundlagen

- Phase 3: Fachgesellschaften wie GMA-FA „Kommunikationstechnik in vert. Automatisierungssystemen“; Seminare, Tagungen, Kongresse; Literatur: VDI/VDE-Richtlinien, Zeitschriften, Bücher, Prospekte
- Phase 4: Internationale Standards: EU-Normen, ISO/IEC-Weltnormen
- Phase 5: Eigenständiges Lehr- und Forschungsgebiet mit Vorlesungen und Praktika; Professuren an Universitäten und Hochschulen [29].

Seit etwa fünf Jahren gelangen nun zunehmend auch die gleichfalls 1979 postulierten intelligenten und direkt buskoppelbaren Sensoren/Aktuatoren bzw. Mess- und Stelleinrichtungen auf den Markt (Abb. 1c). Zur Förderung dieses Trends wurden sogar universelle Feldbuskopplungen entwickelt, so dass eine Kopplung mit unterschiedlichen Bussen möglich wurde [28]. Somit stellen sich heute die Automatisierungsstrukturen schrittweise so ein, wie diese von uns in den 80er Jahren mit Forschungen vorbereitet wurden. Sehr bemerkenswert ist dabei auch, dass zwischen dem Entstehen dieser grundlegenden Ideen und ihrer industriellen Nutzung etwa 15 bis 25 Jahre liegen können. Diese Erfahrung steht im krassen Widerspruch zu der vielfach geäußerten Ansicht, dass die Innovationszyklen bei wenigen Jahren liegen und sich noch ständig verkürzen würden. Offenbar betrifft dies die Klasse evolutionärer Entwicklungen, nicht jedoch den vorliegenden revolutionären Strukturwandel bei größeren Industrieanlagen.

6 Integration der fünf Großen „C“ als Vorstufe einer Allgemeinen Informationswissenschaft (General Information Science) ?

Mitte der 80er Jahre bildete sich in Leipzig eine interdisziplinäre Diskussionsgruppe der Universität und der Technischen Hochschule zum Thema „Allgemeine Informationswissenschaft“, zu der Informatiker, Mathematiker, Physiker, Automatiker sowie Philosophen gehörten. Bei fortgeschrittenem Diskussionsstand wurde ein interdisziplinäres Buchprojekt verfolgt, das von Prof. R. Rochhausen (Uni) und dem Autor (TH) wissenschaftsorganisatorisch betreut wurde. Inhaltlich ging es um folgende futuristische Überlegungen:

Informationsprozesse haben sich verstärkt seit den 50er Jahren zu einer gleichberechtigten Säule neben den traditionellen Prozessen der Stoff- und Energiewandlung entwickelt und ergänzen diese zu einer „organischen Einheit“: Stoff, Energie und Information bilden also die drei Grundkomponenten der Realwelt. Zusätzlich zu traditionellen Technologien für Stoff/Energie-Wandlung haben sich informationsbezogene Technologien entwickelt (Abbildung 4). Diese sind gekennzeichnet durch fünf Große „C“:

- Computer (Informatik, EDV ...)
- Control (Kybernetik, Automation ...)
- Communication (Nachrichtentechnik, Vernetzung WAN, LAN, FAN)

- Components & Instruments (Fein-Gerätetechnik ...)
- Circuits, Chips (Mikroelektronik, Mikrosystemtechnik ...) [27].

Damit ist zugleich die allgemeine Frage nach den unmittelbaren Grundlagenwissenschaften für Informationsprozesse sowie deren Anwendung für informationelle Technologien verbunden. Die heutigen Grundlagenwissenschaften weisen aus dieser Sicht in ihren Gegenständen deutliche Defekte auf: Physik/Chemie: Stoffwandlungen, Energiewandlungen, Strukturbeschreibungen der Materie; dagegen Biologie: komplexe Gegenstände mit Einheit aus Stoff-, Energie- und Informationswandlungen. Der Defekt besteht demnach in einer fehlenden Grundlagenwissenschaft für alle Informationsphänomene der Realwelt, als Ergänzung zu den Gegenständen von Physik und Chemie, zur Nutzung in allen Wissenschaften, in Industrie und Gesellschaft.

Information kann bekanntlich beliebig oft geteilt (vervielfältigt) werden, ohne dass hierbei die Gesamtinformation aufgeteilt wird; dies ist bei Stoffen (Massen) und Energien niemals möglich. Für eine „Allgemeine Informationswissenschaft“ (General Information Science) spielen die Erhaltungssätze der Physik – wegen des extrem niedrigen Niveaus der Stoff- und Energieaustauschprozesse – für informationelle Prozessbeschreibungen keine dominierende Rolle. Folglich muss sich die wissenschaftliche Behandlung der Informationsprozesse auf andere spezifische Gesetzmäßigkeiten abstützen, die sich als wirkungsvoller für deren Modellierung erweisen [31]. Eine solche „Allgemeine Informationswissenschaft“ ist keineswegs mit Informatik gleichzusetzen, wie aus den 5 Großen „C“ unmittelbar zu erkennen ist.

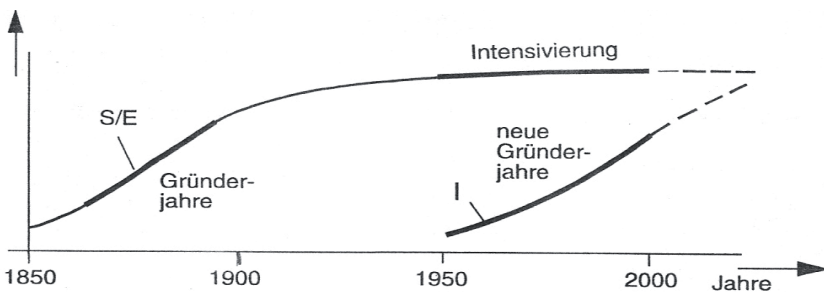


Abbildung 4: Entwicklung von Unternehmensgründungen für Stoff/Energie-Wandlung (S/E) und Informations-Wandlung (I)

Nach der Wiedervereinigung wurde diese Leipziger Diskussion nicht weiterverfolgt, das interdisziplinäre Buchprojekt ist somit abgebrochen. – Die Inhaltsdiskussion sollte aber an geeigneter Stelle wieder aufgegriffen werden!

7 Einige Ausblicke in die Zukunft

Die Zukunft der informationellen Technologien profitiert zweifelsfrei von den auch weiterhin anhaltenden Fortschritten der Mikro- und Optoelektronik. Aus Anwendersicht jedoch sind *Massenanwendungen* und *Breitenanwendungen* in absehbarer Zeit verstärkt zu erwarten. Die Massenanwendung drückt sich primär durch das Eindringen derartiger Komponenten in Massenprodukte aus, z. B. in Heimelektronik, Gebäudevernetzung [33] einschließlich PC-Technik bis hin zu vernetzten Heizungs- und Waschautomaten, sowie vernetzter Bordelektronik von Autos, Banking- und Verkaufsautomaten usw. Die Breitenanwendung bedeutet insbesondere ein Vordringen in bislang weniger erschlossene Anwendungen in nichtindustriellen Bereichen wie Service- und Homebereiche, Seniorenbetreuungen, Medizinbereiche u. a. Zukünftig werden also alle Branchen hiervon potenziell profitieren.

Angesichts dieser zu erwartenden Massen- und Breitenanwendungen stellen sich viele Fragen, insbesondere auch im sozialen Bereich und zum Verhältnis Technik/Mensch: Beherrscht der Mensch diese intelligente Technik noch oder kehren sich die Verhältnisse schließlich um? Rationalisieren wir durch diesen Massen- und Breitereinsatz progressiv steigend unsere Arbeitsplätze weg?

Fazit: Die Umsetzung von diversen Chips, Computern und Speicherchips in neuartige Anwendungslösungen erfordert neben dieser Hardwarebasis jedoch noch sehr viel mehr (z. B. spezifische Anwendungsforschungen, umfangreiche Anwendungssoftware). Dies eröffnete selbst in der DDR bei mittlerem Niveau von Mikroelektronik und Computertechnik ein generell sehr weites Feld für wissenschaftlich-technisch-organisatorische Innovationen und einen großen Handlungsspielraum für alle Beteiligten, zumal in einem internationalen Umfeld mit extrem starkem Wachstum, vgl. Abbildung 4. Dies erklärt zugleich, dass es – trotz dieses permanenten Nachlaufs der Chip- und Computertechnologie von etwa fünf Jahren und der Mangelsituation in vielen Bereichen der DDR – keine totale Resignation, sondern partiell durchaus Ideenreichtum, Schöpferkraft und Solidität bei den theoretischen und praktischen Ergebnissen sowie in der Ausbildung gegeben hat. Als ein Beweis hierfür ist besonders zu werten: die erfolgreiche Fortführung von „Leuchtturmaktivitäten“ (also von relativ seltenen und keineswegs flächendeckenden Vorlauf- und Pionierleistungen) im Wissenschaftsbereich sowie in Forschung und Entwicklung aus der DDR-Zeit auch nach der Wiedervereinigung. (Ein Umkehrschluss aber wäre völlig abwegig, denn keine Fortführung lässt gar keinen Rückschluss auf das Niveau einer DDR-Leistung zu). Erfolgreiche Fortführungen profitierten in erster Linie von den neuen Chancen im Hightech-Bereich, womit der permanente DDR-Nachlauf schlagartig überwunden wurde. Der Weltmarktzugriff durch die D-Mark sowie der Zugang zur Marktwirtschaft mit Flexibilität und Gründungschancen eröffneten weitere Felder. Hierzu formu-

lierte W. Stoll als Geschäftsführender Gesellschafter des bekannten Automatisierungsunternehmens FESTO sehr treffend: „Das kapitalistische System garantiert nicht den Erfolg, es garantiert nur die Chancen“ [19]. Und wer den Augenblick ergreift, das ist der rechte Mann (J. W. v. Goethe). Bei obiger Feststellung zur Fortführung geht es hier also nicht um den Fortbestand von Institutionen, sondern um die erfolgte Fortführung von Ideen und Erfahrungen im Bereich informationeller Technologien und ihrer wissenschaftlichen Grundlagen. – Wie viele andere auch, so hat sich der Autor also seine Unabhängigkeit im Denken und das entsprechende Handeln zu keiner Zeit nehmen lassen [2], [3], [6].

Informatik und Automation markieren demnach historische „Evolutionstufen“, die wir nicht verteufeln, sondern deren Chancen wir nutzen sollen. Ihre sozialen Herausforderungen, insbesondere hinsichtlich der Arbeitsplätze, sind direkt an die unterschiedlichen „Politiken“ adressiert: sowohl an die Unternehmenspolitik und die Politik der Arbeitnehmervertretungen als auch an die Politik im öffentlichen und staatlichen Bereich oder auch an die ganz private Entscheidungspolitik über eine zukunftssichere Berufsgestaltung.

Die Entwicklung der Informatik und Automation in der DDR ist einmal mehr der Beweis, dass sich die schöpferische und innovative Tätigkeit der hierbei Beteiligten über alle politischen und wirtschaftlichen Systeme und Umbrüche hinweg jederzeit als stabiler und zukunftssichernder Faktor erweist. Die Anwendung von wissenschaftlichen Erkenntnissen zu Informationsprozessen ist hierbei sowohl im zivilen als auch im militärischen Bereich möglich – eine Herausforderung auch an das Berufsethos der beteiligten Wissenschaftler, Informatiker, Ingenieure und Politiker sowie an deren Verantwortung für unsere Nachwelt.

8 Literatur und Internetquellen

- [1] INSTITUT FÜR REGELUNGSTECHNIK BERLIN (Hrsg.) (1969): ursamat-Handbuch. *Berlin: Verlag Technik.*
- [2] KRIESEL, W. & GUDERMUTH, P. (1971): Entwicklung in Leitungssystemen auf der Basis von kybernetischen Lernstrukturen. *Wiss. Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Math.-nat. Reihe 20, S. 237-245.*
- [3] Gudermuth, P. & Kriesel, W. (1972, '73, '76): Kybernetik und Weltanschauung. Probleme, Streitfragen und Ergebnisse der modernen Kybernetik. *Schwerte/Ruhr: Verlag Hubert Freistühler; Leipzig, Jena, Berlin: Urania-Verlag; Praha: Verlag Horizont.*

- [4] Töpfer, H. & Kriesel, W. (Hrsg.) (1977, '78, '80, '83, '88): Funktionseinheiten der Automatisierungstechnik – elektrisch, pneumatisch, hydraulisch. *Berlin: Verlag Technik; Düsseldorf: VDI-Verlag.*
- [5] TÖPFER, H. & KRIESEL, W. (1981): Zur funktionellen und strukturellen Weiterentwicklung der Automatisierungsanlagentechnik. *Messen, steuern, regeln 24, S. 183-188.*
- [6] KRIESEL, W. (1982): Überwindung der Gründe für die Kluft Theorie-Praxis in der Automatisierungstechnik. *Messen, steuern, regeln 25, S. 182-184.*
- [7] Töpfer, H. & Kriesel, W. (1982): Automatisierungstechnik – Gegenwart und Zukunft. *Berlin: Verlag Technik.*
- [8] TÖPFER, H. & KRIESEL, W. (1982): Zum Generationswechsel bei Automatisierungssystemen. *Regelungstechnische Praxis 24, S. 336-341.*
- [9] TÖPFER, H. & KRIESEL, W. (1982): About the Generation Change in Automation Systems. *Process automation 2, S. 60-65.*
- [10] TÖPFER, H. & KRIESEL, W. (1983): Einsatz intelligenter Meß- und Stellanrichtungen in der Automatisierungstechnik. In: *Syrbe, M. & Thoma, M. (Hrsg.), Fortschritte durch digitale Meß- und Automatisierungstechnik (INTERKAMA-Kongreß Düsseldorf 1983), Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer-Verlag, S. 420-428.*
- [11] Neumann, P. (1983): Mikrorechner in Automatisierungsanlagen. *Berlin: Verlag Technik.*
- [12] WERNER, D. & HERRMANN, D. (1983): msr stellt vor: Technische Hochschule Leipzig – Sektion Automatisierungsanlagen. *Messen, steuern, regeln 26, S. 527-531.*
- [13] KRIESEL, W. & EULITZER, B. (1984): Intelligent Instruments for a Future Generation of Automation Systems. *Preprints Vol. II of the 9th World Congress of the International Federation of Automatic Control IFAC, Budapest, S. 307-312.*
- [14] KRIESEL, W.; VÖGLER, G. & GIBAS, P. (1985): Intelligent Sensors as Components of Future Automation Systems. *Preprints Vol.12 of the 10th IMEKO World Congress, Prague, S. 96-103.*
- [15] KRIESEL, W.; BLUM, H. & TELSCHOW, D. (1985): Intelligente und buskoppelbare Stellanrichtungen. *Messen, steuern, regeln 28, S. 534-537.*
- [16] KRIESEL, W. (1986): Weiterentwicklung von Mikrorechner-Automatisierungssystemen unter dem Einfluß lokaler Netze (LAN). *Messen, steuern, regeln 29, S. 10-14.*

- [17] KRIESEL, W. (1986): Weiterentwicklung von Mikrorechner-Automatisierungssystemen unter dem Einfluß intelligenter Funktionseinheiten. *Messen, steuern, regeln* 29, S. 50-53.
- [18] KRIESEL, W.; RICHTER, W. & GIBAS, P. (1987): Feldbusnetz für Automatisierungssysteme mit intelligenten Funktionseinheiten. *Messen, steuern, regeln* 30, S. 486-489.
- [19] Grosse, W. (Hrsg.) (1987): Der Weg zum Ganzen. Ein Essay zum 50. Geburtstag von Dr. Wilfried Stoll. *Esslingen: FESTO Didactic*.
- [20] BALZER, D.; KRIESEL, W. & MÜLLER, F. (1988): Softwaretechnologie, Zuverlässigkeit und Sicherheit. *Messen, steuern, regeln* 31, S. 486-491.
- [21] KRIESEL, W.; ROHBECK, V. & STEINBOCK, K. (1990): Zuverlässigkeit bitserieller Feldbussysteme in Automatisierungsanlagen. *Messen, steuern, regeln* 33, S. 153-156.
- [22] TÖPFER, H.; KRIESEL, W. & GÜNTHER, M. (1990): Gerätesysteme der Automatisierungstechnik und Prozeßrechnersysteme. In: *Philippow, E. (Hrsg.), Taschenbuch Elektrotechnik in 6 Bänden, Bd. 4. Berlin: Verlag Technik*.
- [23] KRIESEL, W. & GIBAS, P. (1990): Generationswechsel bei Automatisierungssystemen: Orientierung zur künftigen Entwicklung. *Automatisierungstechnische Praxis* 32, S. 17-22.
- [24] KRIESEL, W.; GIBAS, P.; RIEDEL, M. & BLANKE, W. (1990): Feldbus als Mehrebenenkonzept. *Messen, steuern, regeln* 33, S. 150-153.
- [25] Kriesel, W. & Madelung, O. W. (Hrsg.) (1995, 1999): ASI – Das Aktuator-Sensor-Interface für die Automation. *München, Wien: Carl Hanser*.
- [26] Kriesel, W. R. & Madelung, O. W. (Hrsg.) (1995, 1999): ASI – The Actuator-Sensor-Interface for Automation. *München, Wien: Carl Hanser*.
- [27] Kriesel, W.; Rohr, H. & Koch, A. (1995): Geschichte und Zukunft der Mess- und Automatisierungstechnik. *Düsseldorf: VDI-Verlag*.
- [28] KRIESEL, W.; LIPPIK, D. & HEIMBOLD, T. (1997): Universelle Feldbuskopplung für Sensoren und Aktoren. *Automatisierungstechnische Praxis* 39, S. 43-50.
- [29] KRIESEL, W.; HEIMBOLD, T. & TELSCHOW, D. (1998, 2000): Bustechnologien für die Automation – Vernetzung, Auswahl und Anwendung von Kommunikationssystemen (mit CD-ROM). *Heidelberg: Hüthig Verlag*.
- [30] VDI/VDE-RICHTLINIE 3687. (1999): Auswahl von Feldbussystemen durch Bewertung ihrer Leistungseigenschaften für industrielle Anwendungsbereiche. *Berlin: Beuth-Verlag*.

- [31] VÖLZ, H. (2001): Wissen – Erkennen – Information: Allgemeine Grundlagen für Naturwissenschaft, Technik und Medizin. *Aachen: Shaker.*
- [32] LAUBER, R. J. (2006): Die Geschichte der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik GMA (50 Jahre IFAC). *Automatisierungstechnische Praxis 48, S. 82-89.*
- [33] KRIESEL, W.; SOKOLLIK, F. & HELM, P. (2009): KNX/EIB für die Gebäudesystemtechnik in Wohn- und Zweckbau. *5. Auflage. Heidelberg: Hüthig Verlag.*
- [34] STARKE, L. (2009): Vom Hydraulischen Regler zum Prozessleitsystem. Die Erfolgsgeschichte der Askania-Werke Berlin und der Geräte- und Regler-Werke Teltow. 140 Jahre Industriegeschichte, Tradition und Zukunft. *Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag.*
- [35] AS-INTERNATIONAL ASSOCIATION: <http://www.as-interface.net>.

Die zitierte Internetquelle wurde zuletzt am 11.08.2010 aufgerufen.

Die erfolgreiche Tagungsreihe »Informatik in der DDR« mit Symposien in Chemnitz (2004), Erfurt (2006) und Dresden (2008) fand im September 2010 zum vierten Mal statt. Gastgeber waren das Institut für Informatik und der Computer- und Medienservice der Humboldt-Universität zu Berlin. Tagungsort war Berlin-Adlershof, wo die Universität zur Jahrtausendwende ihren neuen mathematisch-naturwissenschaftlichen Campus errichtet hat. Die Wissenschaftsstadt Adlershof hat allerdings schon eine deutlich längere Tradition: Seit genau 100 Jahren wird hier geforscht. Der Standort spielte auch für die Entwicklung der Informatik in der DDR eine wichtige Rolle: Er beherbergte unter anderem das Institut für Rechentechnik der Akademie der Wissenschaften.

Der vorliegende Tagungsband beinhaltet alle Beiträge, die während des Symposiums vorgestellt wurden. Aus den zahlreichen Einreichungen wurden zusätzlich einige Arbeiten ausgewählt, die ebenfalls in diesem Band enthalten sind.

ISBN 978-3-86004-253-3